# METEOROLOGIJA

## UDŽBENIK ZA POMORSKE ŠKOLE I PRIRUČNIK ZA POMORCE

Napisao
ANTON I. SIMOVIĆ




ŠKOLSKA KNJIGA
ZAGREB 1970

Urednik
VELIMIR ŠILEVINEC

Recenzenti
ERNEST KOPRIVA
BOŽO MODRIĆ
IVAN PAPIĆ

Lektor
EMA PRIJATELJ

Korice opremio
ŽIVKO HARAMIJA

Crteže izradili
LADISLAV DOLANSKI
ZLATKO PRAH

Odobrio Sekretarijat za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SRH rješenjem broj 4700/1 od 18. XII 1968.

Tisak: »Informator« Zagreb, Preradovićeva 21

# PREDGOVOR

Ova knjiga treba da posluži kao udžbenik za učenike pomorskih škola i kao priručnik za mlade pomorce koji svakodnevno obavljaju meteorološku službu na brodovima trgovačke mornarice. Inače se osjeća nedostatak stručne literature iz meteorologije, pa će ova knjiga korisno poslužiti svima onima koji žele steći početna znanja iz tog područja.

Plan i program iz meteorologije za pomorske škole uglavnom ima općenit karakter. Pri pisanju knjige nastojao sam da taj nedostatak ublažim kako bi učenici i mladi pomorci mogli:

— steći osnovna znanja iz opće meteorologije, potrebna za dalje usavršavanje;

— shvatiti povezanost meteoroloških elemenata, vremenske pojave i njihove uzroke;

— upoznati meteorološke instrumente, tačno i pravilno motriti vrijeme i sastavljati, odnosno primati meteorološke izvještaje (biltene) namijenjene brodovima;

— biti kadri povezati vrijeme i primljene informacije o vremenu;

— crtati i upotrebljavati sinoptičku konzultaciju za vođenje meteorološke navigacije;

— prognozirati i pratiti razvoj vremena za kraći vremenski period.

Izbjegao sam klasičan način obrade meteoroloških instrumenata. Instrumenti su zasebno obrađeni, i to s težištem na upotrebi i na pravilnu rukovanju brodskim instrumentima. Bez pouzdanih instrumenata i bez tačnih mjerenja ne može se dobiti ni stvarna slika stanja vremena. Stjecanje takvih navika veoma je potrebno od samog početka školovanja.

Na kraju svakog poglavlja nalaze se pitanja. Ona ukazuju na najvažnije dijelove gradiva pa su orijentacija učenicima pri proučavanju predmeta.

Dio koji se odnosi na brodske meteorološke izvještaje, crtanje i analiziranje vremenskih karata i njihovo korištenje pri donošenju vlastite prognoze na brodu i sl. obrađen je u osnovnim crtama jer postoji poseban priručnik Izrada i korišćenje vremenskih karata na brodovima, u izdanju Pomorskog meteorološkog centra u Splitu.

Da bi se pratio razvoj pomorske meteorologije, a posebno meteorološke navigacije, treba redovito pratiti publikacije koje obrađuju tu materiju, a posebno publikaciju »Vijesti«, koju izdaje Pomorski meteorološki centar u Splitu.

Iz knjige su izostavljene pomoćne meteorološke tablice, jer su one štampane u novim Nautičkim tablicama, koje je izdao Hidrografski institut JRM (Split, 1969).

Budući da je ovo prva Meteorologija u nas prvenstveno napisana kao udžbenik za pomorske škole, svjestan sam njezinih nedostataka. Sa zahvalnošću ću primiti sve korisne primjedbe i prijedloge kako bi slijedeće izdanje bilo bolje i potpunije.

Zagreb 1969. AUTOR



# SADRŽAJ

# I. ATMOSFERA

**1. Općenito.** — *Pod atmosferom* razumijevamo zračni omotač, koji obavija Zemlju.* Ona nema strogo određene gornje granice. O njenim granicama može se samo suditi po različitim pojavama za čije prisustvo je zrak potreban. *Oblik atmosfere sličan je obliku Zemlje.* Ona se sa Zemljom neprekidno okreće oko svoje osi i gubi u svemiru.

*Meteorologija** proučava* sastav i strukturu atmosfere, njeno fizičko stanje, isto tako i postanak, karakter i razvoj fizičkih i meteoroloških pojava koje se javljaju u atmosferi i na samoj Zemljinoj površini. *Te pojave u atmosferi nazivaju se meteorološki elementi.* U osnovne meteorološke elemente spadaju: temperatura zraka i gornjih slojeva Zemlje, atmosferski tlak, vjetar, gustoća i vlažnost zraka, isparavanje, oblaci, oborine, optičke i električne pojave u atmosferi, horizontalna vidljivost i dr. Fizički procesi u atmosferi izazivaju promjene meteoroloških elemenata pa se njihove vrijednosti mijenjaju vremenski i od mjesta do mjesta. *Fizičko stanje atmosfere nad nekim mjestom u određenom času zovemo meteorološko vrijeme.* Vrijednosti meteoroloških elemenata određuju se mjerenjem i motrenjem na meteorološkoj stanici.

*Meteorologija, dakle, proučava sve elemente i pojave koje za određeni trenutak označavaju fizičko stanje atmosfere, odnosno tip vremena, ali njen je krajnji cilj predviđanje (prognoza) vremena.*

**2. Podjela atmosfere.** — U vertikalnom smjeru atmosfera se dijeli u nekoliko slojeva (sl. 1): *troposfera**** (najniži sloj, do 11 km), *stratosfera* (od 11 do 40 km), *mezosfera* (od 40 do 80 km), *termosfera* (od 80 do 800 km) i najviši sloj iznad 800 km, *egzosfera.*

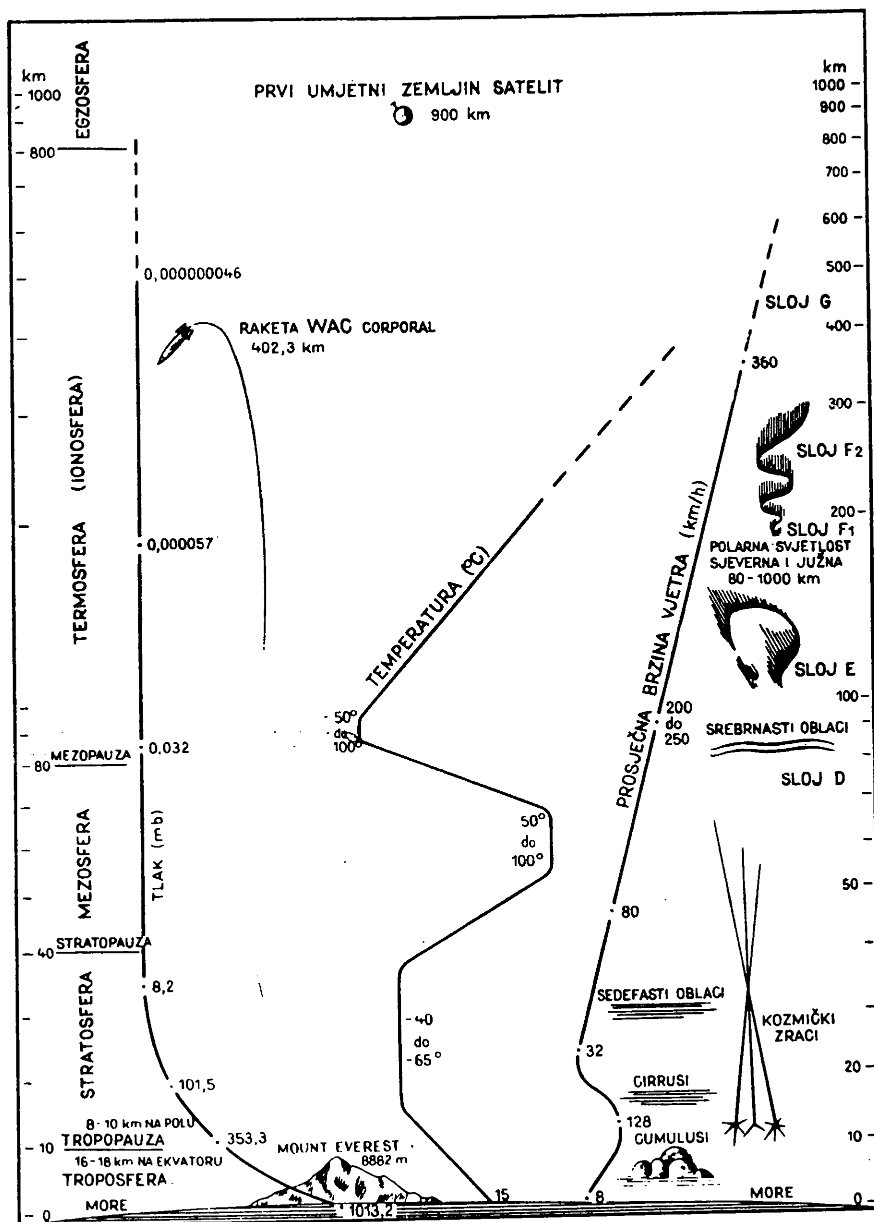
Slika 1. prikazuje spomenute slojeve atmosfere i promjene nekih fizičkih pojava u njoj. Temperatura u troposferi opada s visinom, u stratosferi se ne mijenja, a u mezosferi se povećava s visinom. Najveća temperatura u tom sloju nalazi se na visini oko 60 km, a zatim naglo opada do 80 km. Naglo povećanje temperature u mezosferi tumači se prisutnošću ozona, koji apsorbira Sunčeve zrake i zagrijava taj sloj. U termosferi temperatura raste s povećanjem visine.

---

* grčki: atmos = para, zrak i sfera = kugla, opna;

** grčki: *meteoros* = lebdeći (u zraku) i *logos* = pojam, govor;

*** grčki: *tropos* = obrat, okret; *mesos* = srednji; *thermos* = topao, vruč; latinski: *stratus* = sloj, naslaga.




*Sl. 1. Atmosfera i njena vertikalna podjela*



Između pojedinih slojeva atmosfere nalaze se i međuslojevi: *tropopauza* — između troposfere i stratosfere, *stratopauza* — između stratosfere i mezosfere, i *mezopauza* — između mezosfere i termosfere. Ti međuslojevi nemaju strogo određene granice.

Troposfera ima različitu visinu: na ekvatoru 16—18 km, iznad umjerenih širina oko 11 km, a na polovima samo 8—10 km. Ona obuhvaća do 90% atmosferske mase. U atmosferi se nalazi gotovo sva vodena para i zbog toga se samo u njoj stvaraju oblaci koji daju oborine. Temperatura u troposferi opada s visinom, prosječno 6°C po kilometru, tako da na gornjoj granici iznosi —50° do —85°C. Sve vremenske pojave koje opažamo dešavaju se u troposferi.

Iako je debljina troposfere malena, taj sloj atmosfere ima najveće značenje za život na Zemlji. Brojnim mjerenjima ustanovljeno je da je do visine od 8 km sastav zraka približno isti kao i uz Zemljinu površinu. Visina troposfere, izvan koje je nemoguć opstanak živih bića bez umjetnog kisika, iznosi oko 15 km.

Debljina *tropopauze* je različita, a kreće se između dvije stotine metara i nekoliko kilometara. U njoj prestaje opadanje temperature s visinom (izotermija), a dolazi i do porasta temperature (inverzija).

Stratosfera se prostire od troposfere do 40 km visine. U njoj je temperatura postojana sve do 25 km. Iznad tog sloja nastaje blago povećanje temperature. Temperatura je slična temperaturi tropopauze, s godišnjim promjenama od —40° do —65°C u umjerenim geografskim širinama. Nju karakterizira velika količina ozona, naročito na visini od 20 do 35 km, koji apsorbira ultravioletne zrake i zagrijava slojeve zraka. Zrak je vrlo razrijeđen i ima malo primjesa, a naročito ima vrlo malo vodene pare, i zato u stratosferi nema oblaka koji bi davali oborine. U njenim donjim slojevima pokatkad se stvaraju visoki oblaci — Cirrusi (t. 33). Nebo gledano iz stratosfere gotovo je crno, s tamnoplavim i ljubičastim sjenama, jer je rasipanje Sunčeve svjetlosti vrlo slabo.

S razvitkom raketne tehnike pridaje se proučavanju stratosfere veliko značenje, naročito zato što se u tom sloju vrši zračni promet (rjeđi zrak, slaba vertikalna strujanja i uvijek vedro nebo). Stratosfera ima velike prednosti pred troposferom, njenim čudljivim vremenom i njenom velikom gustoćom zraka, koja zrakoplovima koči brzinu leta. U stratosferi su mogući letovi nadzvučnim brzinama.

Mezosfera se prostire u visini od 40 do 80 km. Zavisno od vrijednosti temperature, dijeli se u *dva* dijela. *Prvi* dio (topli sloj) nalazi se na 40—60 km, a *drugi* (sloj miješanja) na 60—80 km visine. U *prvom* sloju temperatura raste s visinom i u gornjoj granici dosiže i do 100°C (čemu je uvjet prisutnost sloja ozona), a u *drugom* sloju opada s visinom i dosiže do —100°C. S naglim padom temperature nastaju jaka vertiklana strujanja. Javljaju se tanki srebrnasti oblaci.

Termosfera je dio Zemljine atmosfere od 80 do 800 km. U termosferi temperatura naglo raste: od —100°C na donjoj granici, pa do više stotina stupnjeva u njezinu gornjem dijelu. Takav porast temperature moguć je zbog jakog upijanja Sunčevih ultravioletnih zraka koje vrše molekule i atomi kisika i dušika. Atmosferski sloj na visini od 120 km smatra se granicom rasipanja svjetlosti, koja određuje boju neba. Iznad te visine nebo se čini sasvim crno. U tim slojevima vlada vječna tišina jer se zvuk ne rasprostire na daljinu. Može se smatrati da prilike u termosferi djelomično odgovaraju uvjetima koji vladaju u međuplanetarnom prostoru.

Slojevi atmosfere koji su pod utjecajem Sunčeva ultravioletnog zračenja manje ili više ionizirani nazivaju se *ionosferom*. Oni utječu na rasprostiranje radio-valova (odbijaju, lome i apsorbiraju radio-valove) i povremeno izazivaju promjene u magnetskom polju Zemlje. U ionosferi opaža se polarna svjetlost i srebrnasti oblaci. Slojevi ionosfere dobili su svoja imena od početnih slova latinske abecede.

Najniži sloj ionosfere je ionizirani sloj D, iznad njega je Kennelly-Heavisideov [Kenli-Hevisajd] sloj E ($E_1$ i $E_2$), a zatim sloj F, odnosno $F_1$ i $F_2$, i najviši sloj G. Najpostojaniji su slojevi E i $F_2$ (sl. 1).

Dio Zemljine atmosfere zaključno s termosferom u kojem se slojevi određuju na osnovi promjena temperature prema visini naziva se još i unutrašnja sfera. Iznad nje počinje vanjski dio atmosfere — egzosfera.

**Egzosfera** je, dakle, sloj Zemljine atmosfere koji se nalazi iznad termosfere. Njena granica još nije tačno određena. Neki smatraju da se ona prostire na visini od 300 do 400 km, a drugi na visini od 800 do 1 000 km iznad Zemljine površine. U njoj su molekule i atomi zraka toliko razrijeđeni i imaju toliku brzinu da jedan dio čestica lakih plinova (vodika, helija) svladava Zemljinu težu i odlazi u međuplanetarni prostor.

Teoretski, iznad 300 km visine temperatura egzosfere prelazi 230°C, a moguća je i temperatura do 690°C. Na osnovi mjerenja izvršenih pomoću umjetnih meteoroloških satelita pretpostavlja se da u gornjim slojevima egzosfere temperatura dosiže i više od 1 500°C. Pri tom treba imati na umu da je to kinetička temperatura određena brzinom kretanja čestica plinova, a da je gustoća plinova toliko malena da se njeno toplinsko djelovanje ne može osjetiti.

Računom je određeno da je u prostoru na visini od 200 km moguće postojano i slobodno kretanje jer je otpor zraka sasvim malen. To je najniža visina na kojoj mogu oko Zemlje kružiti umjetni sateliti. Iznad 200 km djeluju svi faktori međuplanetarnog prostranstva i dolaze do izražaja kozmički uvjeti. Zasada je teško tvrditi da visina do 1 000 km pripada Zemljinoj atmosferi ili pak međuplanetarnom prostoru. Atmosfera nema oštre granice, već postepeno prelazi u kozmos, a sam kozmos je »konačan ali bez granica«.

*U svim slojevima atmosfere, osim u egzosferi, javljaju se zračna strujanja — vjetrovi.* Brzina vjetra raste s visinom. Oni u troposferi imaju pretežno zapadni smjer. U stratosferi nastaju nagle promjene vjetra prema smjeru i brzini. U donjim slojevima atmosfere pretežu zapadni vjetrovi, a u gornjim istočni. U mezosferi zimi pretežu zapadni vjetrovi, a ljeti istočni, i to znatno veće brzine od prethodnih.

**Prema kemijskom sastavu** zraka atmosfera se dijeli u **dva** osnovna sloja: homosfera i heterosfera. Međusloj se naziva homopauza.

*Homosfera* se prostire do visine od 100 km. U njoj je zrak gotovo istog sastava.

*Heterosfera* je dio koji ima promjenljiv sastav zraka zbog raspadanja molekula plinova na atome.

**3. Sastav zraka.** — *Atmosferski zrak je fizička smjesa nekoliko stalnih plinova, kemijskih spojeva i različitih plinovitih, tekućih i čvrstih dodataka.* Osnovni plinovi u nižim slojevima atmosfere jesu dušik (N) i kisik (O). *Zapreminske količine plinova* u suhom zraku na morskoj površini jesu ove:



| | | | |
|---|---|---|---|
| dušik ($N_2$) | 78,09% | helijum (He) | 0,000 4% |
| kisik ($O_2$) | 20,95% | kripton (Kr) | 0,000 004 9% |
| argon (Ar) | 0,93% | ksenon (Xe) | 0,000 000 59% |
| ugljični dioksid ($CO_2$) | 0,03% | vodik ($H_2$) | 0,001% |
| neon (Ne) | 0,0018% | ozon ($O_3$) | 0,000 003% |
| | | radon | neznatan. |

Kao posljedica vertikalnih strujanja u atmosferi, taj sastav zraka ostaje gotovo nepromijenjen sve do gornje granice troposfere. U nižim slojevima atmosfere (troposfera) ima i izvjestan postotak *vodene pare*. Vodena para koju sadržava zrak je nevidljiva.

*Osim vodene pare, važan su sastavni dio zraka prašina i organski sastojci.* Prašina dolazi u atmosferu uglavnom s vrlo suhih Zemljinih površina (stepa i pustinja), a zatim kao vulkanska prašina, industrijska prašina (dim), čestice soli (nad morskim površinama), i dr. Može biti i kozmičkog porijekla (kozmička prašina). U organske sastojke spadaju zarazne klice. Njihova količina zavisi od mjesta i od doba godine. Poslije kiše ima u zraku najmanje prašine i klica. Zbog toga su morska područja najpovoljnija za zdravlje čovjeka, a zrak gradova i industrijskih mjesta najviše je zagađen prašinom i klicama.

Ispitivan je *utjecaj eksplozija nuklearnih bombi* na sastav zraka i na procese u atmosferi. Dokazano je da te eksplozije utječu na sastav zraka samo u lokalnu opsegu, jer je energija koja se oslobađa pri eksplozijama nuklearnih bombi neusporedivo manja od energije koja se oslobađa pri atmosferskim procesima. Dalje je ustanovljeno da te eksplozije dovode do izvjesna narušavanja normalna stanja u troposferi i da se od njih mogu stvoriti povoljni uvjeti za formiranje tropskih ciklona, tornada, tromba i mnogih drugih atmosferskih procesa (npr. dugotrajnih kiša) na mjestima gdje se oni normalno nisu javljali.

Radioaktivnost na mjestima eksplozija nuklearnih bombi ne traje dulje vrijeme iako se neposredno poslije eksplozije povećava za nekoliko puta od prirodne vrijednosti (normalno oko 30 mikrokirija). Oborine ispiru iz zraka radioaktivnu prašinu i ona se taloži na Zemlju.

Što se tiče optičkih efekata (zamućenosti zraka), oni su pri eksploziji tih bombi neusporedivo manji od onih koji se javljaju pri vulkanskim erupcijama.

Drugim riječima, svi naprijed navedeni efekti koji se javljaju pri eksplozijama nuklearnih bombi nemaju zasada u atmosferskim procesima opće značenje već samo lokalno.

**4. Gustoća zraka.** — *Količina mase zraka, odnosno svih plinova koje sadržava zrak u jedinici zapremine, naziva se gustoća zraka.* Ona zavisi od atmosferskog tlaka i od temperature. Što je tlak veći, to je i gustoća zraka veća, a što je temperatura veća, to je gustoća manja. To se vidi iz tzv. *jednadžbe plinskog stanja, koja ima oblik*

$$p : r = T : v, \quad p \cdot v = r \cdot T.$$

U toj formuli **v** je volumen, **r** plinska konstanta, **T** apsolutna temperatura zraka ($T = 273 + t$), a **p** apsolutni tlak.

Budući da je gustoća (S) obrnuto proporcionalna volumenu plina (v), imamo

$$v = \frac{1}{S}.$$

Ako tu formulu uvrstimo u prethodnu jednadžbu, dobijemo

$$S = \frac{p}{r \cdot T}.$$

Ako u gornju formulu uvrstimo r = 29,27 i apsolutni zračni tlak (p) izrazimo u jedinicama mmHg imamo

$$S = \frac{13,6 \cdot p}{29,27 \cdot T} \approx 0,46\frac{p}{T}.$$

Iz praktičnih razloga može se uzeti specifična težina zraka umjesto njegove gustoće jer su im brojčane vrijednosti slične, a samo pojmovi drugačiji. *Težina zraka u gramima u 1 m³ zraka naziva se specifična težina.*

**Primjer**

p = 760 mmHg  t = 27,0°C (T = 300°C)

*Rješenje*

$$S = 0,46\ \frac{p}{T} = 0,46 \cdot \frac{760}{300} = 0,46 \cdot 2,53 = 1,163\ kg/m^3$$

Iz toga proizlazi da će u toku toplijeg godišnjeg doba, kad je zračni tlak manji, a temperatura veća, gustoća zraka biti manja; zimi je odnos obrnut.

Gornji odnosi vrijede za suh zrak u kojemu nema vodene pare. Kako u atmosferi zrak nije nikada suh, to za gustoću vlažna zraka vrijede druge jednadžbe. Jedna takva izvedena jednadžba u kojoj je p = zračni tlak, t = temperatura zraka i e = napon vodene pare glasi:

$$S = 0,\ 465\frac{p}{t}(1 - 0,377\ 9\frac{e}{p})\ kg/m^3.$$

*Pri normalnu stanju atmosferskog zraka, kad je p=760 mmHg, t=0° i e=0 mmHg, gornja jednadžba daje nam normalnu gustoću zraka: S = 1,293 kg/m³.*

**5. Proučavanje Zemljine atmosfere.** — Sve vremenske pojave javljaju se prvenstveno zbog razlika u temperaturi između pojedinih područja na Zemlji, odnosno u njenoj atmosferi. Kad tih razlika ne bi bilo, ne bi bilo ni uvjeta za stvaranje vremenskih pojava. U tom bi slučaju svagdje vladalo isto vrijeme.

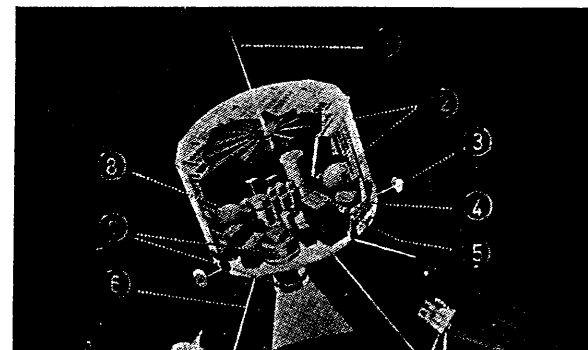
Razlike u temperaturi Zemlje nastaju zbog nejednolika zagrijavanja pojedinih njenih područja. Najveće su razlike u temperaturi između područja na ekvatoru i na polovima, i u njima treba tražiti glavne uzroke različitosti klime Zemlje i uzroke opće cirkulacije u atmosferi. Zbog toga se proučavanju atmosfere pridaje posebna važnost, i ono je jedan od glavnih zadataka meteorologije.

Znanja o atmosferi tijesno su povezana s razvojem zrakoplovstva. Godina 1783. čini prekretnicu u istraživanju atmosfere. Tada je u Francuskoj prvi put pušten u atmosferu balon od papira sa životinjama. Daljnjom izradom balona od platna i gume omogućen je i let ljudi u atmosferu. Prvi pokušaj *leta čovjeka* zabilježen je 1869. godine.

S razvojem tehnike razvijala su se i sredstva za ispitivanje atmosfere. Izrađuju se i puštaju u atmosferu *aerostati* (1804), *zračni zmajevi* (XVIII st.), *baloni-sonde* (1892), *radio-sonde, pilot-baloni, meteorološki zrakoplovi, stratostati* (prof. Piccarda [Pikar] 1931—1932. g., do 16 300 m, 1935 g., američki stratostat Explorer II 1935. g. do 22 066 m); za određivanje granica oblačnog sloja upotrebljavaju se *meteorološki reflektori*, za ispitivanje viših slojeva atmosfere sve više služe *meteorološki radari*, a u posljednje vrijeme *meteorološke rakete* i *umjetni meteorološki sateliti.*

Godine 1957. u atmosferu Zemlje lansirani su prvi umjetni sateliti s meteorološkim instrumentima. To su kompletni automatski znanstveni meteorološki laboratoriji. Za kratko vrijeme i u bilo kakvim vremenskim uvjetima ti sateliti mogu na Zemlju poslati podatke o elementima atmosfere koji interesiraju ispitivača*.

Snimke sa satelita predaju se televizijski direktno na Zemlju u trenutku njegova prolaska iznad prijemne stanice ili se snimaju na magnetofonsku traku i naknadno emitiraju prijemnoj stanici. Analiza fotografija pokazala je da se







*Sl. 2. Meteorološki satelit TIROS i njegovi snimci* **a)** satelit Tiros: 1 — antena prijemnika, 2 — sunčane baterije, 3 — radiometar (za mjerenje radijacije), 4 — magnetski orijentacijski svitak, 5 — infracrvena elektronika, 6 — antena predajnika, 7 — TV kamera, 8 — magnetofon; **b)** okludirani front ciklona umjerenih širina Atlantskog oceana (5. 09. 1961); **c)** snimak tajfuna Ruth 300 M jugozapadno od Tokija (18. 08. 1962). Dijametar tajfuna ima 400 M. Oko tajfuna označeno je tačkom i ima dijametar oko 30 M.

---

* Prvi sovjetski umjetni satelit Zemlje Sputnik I lansiran je 4. X 1957.

U SAD su poznati meteorološki sateliti tipa Tiros (Television and Infra Red Observation Satelite), koji su prvi put bili lansirani 1. IV 1960.

tako mogu otkriti snijeg, ledeni bregovi, veći oblačni sistemi, sistemi hemisferskih frontova, tropski cikloni i slična vrtložna strujanja (sl. 2). Mjerenja s pomoću radiometara dala su također podatke o Sunčevoj radijaciji koja se odbija od Zemlje u kozmos.

Upotreba satelita za meteorološka motrenja dosada je najveće dostignuće u razvoju meteorologije. Time je otvorena neslućena perspektiva i za sigurnost pomorskog prometa uopće, a posebno u krajevima meteorološki opasnim za navigaciju.

Od 6. XII 1966. iznad ekvatora u području Pacifika, na visini oko 36 000 km, lebdi američki telekomunikacijski meteorološki satelit ATS-B. S obzirom na Zemlju, taj satelit uvijek ostaje na istom mjestu jer se brzina njegova leta podudara s brzinom okretanja Zemlje. Kamere satelita snimaju dio Zemlje približno između paralela 52,5°N i 52,5°S, a tri stanice na području SAD primaju fotografije. Jedna od tih stanica vraća fotografije na satelit, koji ih zatim odašilje stanicama na zapadnoj obali SAD i na Pacifiku. Sličan američkom je sovjetski satelit Kozmos.

### PITANJA

1. Koja su tri omotača Zemlje i koje ih grane znanosti proučavaju?
2. Što proučava meteorologija i koji su njeni zadaci uopće?
3. Što spada u meteorološke elemente, a što u meteorološke pojave?
4. Koja grana meteorologije ima posebno značenje za pomorstvo i čime se ona bavi?
5. U koju širu prirodnu znanost spada meteorologija?
6. Kako utječu vrijeme i klima na život i rad čovjeka?
7. Što je atmosfera i što se razumijeva pod njenom granicom?
8. Kako se dijeli atmosfera?
9. Koji su osnovni sastojci atmosfere u nižim slojevima troposfere i koliko iznose njihovi zapreminski postoci?
10. Kako je zrak raspoređen u atmosferi prema težini?
11. Opada li gustoća zraka u atmosferi jednoliko s visinom?
12. Što je to homosfera, a što heterosfera?
13. Što je to ionosfera i kakvo je njeno značenje u radio-prometu?
14. Kakav utjecaj na sastav atmosfere i na procese u atmosferi imaju eksplozije nuklearnih bombi?
15. Protumačite načine i sredstva za ispitivanje atmosfere.
16. Čime se tumači rasipanje odnosno difuzija svjetlosnih zraka, koje se zrake spektra jače raspršavaju i kakve pojave izaziva difuzija svjetlosnih zraka u atmosferi?
17. Koje spektralne zrake upija zrak jače, a koje slabije?
18. Zašto se danju ne vide zvijezde na nebeskom svodu?
19. Koji se planet može vidjeti sa Zemlje u toku dana, kada i zašto?
20. Od čega zavisi težina 1 $m^3$ zraka? Koliko teži 1 $m^3$ suhog zraka i zraka zasićena vodenom parom pri temperaturi od 0°C i atmosferskom tlaku od 760 mm Hg u geografskoj širini od 45°?



# II. METEOROLOŠKI ELEMENTI

## 1. TEMPERATURA

### (1) Općenito

**6. Općenito o toplini i o temperaturi.** — *Toplina je oblik energije koja zagrijava sva tijela (plinove), a temperatura tijela (plina) je stupanj (efekt) njegova toplinskog stanja.* Toplina ima kvantitativnu veličinu (vezana je za masu nekog tijela) i izražava se u *kalorijama*, a temperatura ima kvalitativnu vrijednost i izražava se u *stupnjevima*. Instrumenti koji mjere temperaturu nazivaju se *termometrima* (t. 126—134).

Između topline i temperature postoji ovaj odnos:

$$Q = m \cdot c \cdot t, \text{ odnosno } c = \frac{Q}{m \cdot t}.$$

Drugim riječima *da se neko tijelo mase* **m** *i specifične topline* **c** *zagrije za* **t** *stupnjeva, potrebno je utrošiti količinu topline* **Q**.

*Specifična toplina (c) je ona toplina koja je potrebna da jedinicu mase nekog tijela gustoće S zagrije za 1°C.* Ako se za jedinicu mase uzima 1 g nekog tijela, tada se to zove *težinska specifična toplina (C)*, a za *zapreminsku specifičnu toplinu* ($C_v$) kao jedinica mase uzima se 1 $cm^3$ nekog tijela.

$$C_v = C \cdot S$$

*Jedinica za mjerenje topline je gram-kalorija (g-cal). To je količina topline potrebna da se 1 g vode zagrije za 1°C.* Veća jedinica je *kilogram kalorija* (kg-cal), *količina topline potrebna da se 1 kg vode zagrije za 1°C.*

**7. Izvori toplinske energije.** — Za Zemljinu površinu i za atmosferu postoje izvori topline iz unutrašnjosti Zemlje i izvori topline iz svemira (zvijezde, Mjesec, Sunce).

Radijalnim bušenjem Zemljine kore ustanovilo se da temperatura unutrašnjosti Zemlje raste s povećanjem dubine, u srednjoj vrijednosti od 1°C na svakih 35 m. Ta vrijednost naziva se *geotermički stupanj.* Najveća dubina do koje se bušenjem doprlo u unutrašnjost Zemlje iznosi oko 8 000 m. Vulkanske lave temperature od 1 000 do 1 200°C dokazuju da do neke granice temperatura Zemlje raste i iznad te temperature. Količina topline koju Zemlja stalno izdaje iz svoje

unutrašnjosti u jednoj godini iznosi 43 g-cal/cm² njene površine. Gubitak topline tim putem Zemlja nadoknađuje zračenjem radioaktivnih materija koje se u njoj nalaze.

*Zvijezde,* s obzirom na veliku udaljenost, nemaju kao izvori topline za meteorologiju nikakvo značenje.

*Mjesec* nema vlastita zračenja. On uglavnom reflektira Sunčevo zračenje pa je kao izvor topline za meteorologiju također beznačajan.

*Sunce* je nama najbliža stajačica, ima oblik kugle promjera oko 1 400 000 km. Pretpostavlja se da je temperatura njegove površine oko 6 000°C. Ono je praktički jedini izvor toplinske energije za donje slojeve atmosfere i za gornje slojeve Zemljine kore. Budući da se ta energija od Sunca kao izvora radijalno zrači na sve strane u obliku elektromagnetskih valova (brzinom od 300 000 km/h), nazivamo je *Sunčevom radijacijom,* odnosno *Sunčevim zračenjem.* Od ukupne toplinske energije koju Sunce emitira na Zemlju dolazi tek njen dvomilijarditi dio. Dio tog zračenja, valne dužine oko 1/125 000 cm, opaža naše oko kao svjetlost.* Kada Sunčeve zrake padnu na neko tijelo, one se pretvaraju u toplinsku, u kemijsku i u svjetlosnu energiju. *Tijelo koje apsorbira i najmanju količinu toplinske energije postaje toplije.*

**8. Sunčeva radijacija (zračenje).** — Meteorologija zanemaruje proučavanje drugih izvora topline i svjetlosti osim Sunca, i samo u Sunčevu zračenju (radijaciji), kao nosiocu toplinske energije, nalazi izvore cjelokupnom životu na Zemlji i uzroke stvaranju vremenskih pojava u atmosferi.

Količina energije Sunčeve radijacije izražena u gram-kalorijama (g-cal) koja pada na jedinicu površine u jednoj minuti zove se *intenzitet Sunčeve radijacije.* Jedinica za mjerenje intenziteta Sunčeve radijacije naziva se *solarna konstanta. Ona pokazuje količinu Sunčeva zračenja (radijacije) koju u jednoj minuti prima 1 cm² potpuno crne površine okomite na Sunčeve zrake na gornjoj granici Zemljine atmosfere, pri srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca.* Mjerenjima je ustanovljeno da ona iznosi 1,94 g-cal/cm²/min. (Za praktične svrhe uzima se 2 g-cal/cm²/min.). Što je solarna konstanta veća, to je i temperatura površine Zemlje veća, a time je veći i intenzitet opće cirkulacije atmosfere. To dovodi do formiranja mnogih procesa u zraku, npr. vjetra, naoblake, oborine, itd.

I n t e n z i t e t   S u n č e v e   r a d i j a c i j e mijenja se u toku dana i godine, isto tako i od mjesta do mjesta, pa *zavisi:*

a) *od stupnja aktivnosti samog Sunca.* Koliko Sunce ima više pjega, toliko je aktivnije, pa je Sunčeva radijacija intenzivnija (period 11 g.). S tim u vezi je i pojava magnetskih oluja;

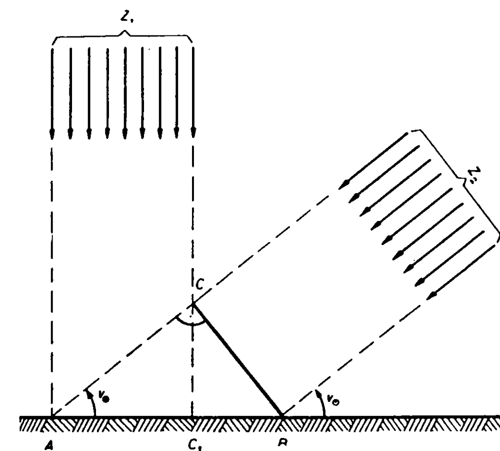
b) *od udaljenosti Zemlje od Sunca.* Intenzitet radijacije opada s kvadratom udaljenosti od Sunca. Maksimum Sunčeve radijacije je u perihelu** (poslije zimskog solsticija — 1. I), a minimum u afelu (poslije ljetnog solsticija — 2. VII);

---

* Sunčevo je zračenje složeno od raznovrsnih boja svjetlosti koje čine Sunčev spektar. Potpun Sunčev spektar čine tri glavna dijela: ultraljubičasti, vidljivi i infracrveni dio. Vidljivi dio spektra zapravo je svjetlost Sunčeva sjaja, koja se sastoji od šest komponenata: ljubičaste, plave, zelene, žute, narandžaste i crvene. Ultraljubičasti i infracrveni dio spektra nisu vidljivi. Ultraljubičasti dio ima najkraće valove, a infracrveni najduže. Valne dužine vidljivog dijela spektra nalaze se između valnih dužina ultraljubičastog i infracrvenog dijela spektra.

** Solarna konstanta u perihelu iznosu 2,01 g-cal/cm²/min, a u afelu 1,88 g-cal/cm²/min.






*Sl. 3. Zagrijavanje Zemljine atmosfere*

$\overline{BC} = \overline{AB} \sin v_0$

$\overline{AC_1} = \overline{BC}$

$\overline{AC_1} = \overline{AB} \sin v_0$

$\overline{AB} \gtreqless \overline{AC}$

c) *od kuta upada Sunčevih zraka na jedinicu površine.* Snop Sunčevih zraka ($z_1$) koji pada okomito na Zemljinu površinu koncentriran je na manju zonu $\overline{AC_1}$. Identičan snop ($z_2$) koji na Zemlju pada pod izvjesnim kutom ($v_0$) raspoređen je na većoj zoni $\overline{AB}$ (sl. 3).

Može se zaključiti da od kosine Sunčevih zraka zavisi i količina zračne odnosno toplinske energije koja se raspodjeljuje na jedinicu Zemljine površine, jer je $\overline{BC} = \overline{AC_1} = \overline{AB} \sin v_0$.

Ako sa $I_1$ obilježimo intenzitet zagrijavanja kad zrake padaju normalno na površinu $\overline{AC_1}$, a sa $I_2$ kad one padaju na površinu $\overline{AB}$ pod kutom $v_0$, tada možemo postaviti ovaj odnos:

$$I_1 : I_2 = \overline{AB} : \overline{AC_1};\quad I_2 = I_1 \frac{\overline{AC_1}}{\overline{AB}}$$

Budući da je $\overline{BC} = \overline{AC_1}$, imamo:

$$I_2 = I_1 \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = I_1 \sin v_0.$$

Iz toga proizlazi (Lambertov zakon) da je *intenzitet zagrijavanja neke površine upravo proporcionalan sa sinusom kutne visine Sunca nad horizontom* ($\sin v_0$), tj. da on zavisi od geografske širine dotičnog mjesta, od položaja dotične geografske paralele prema Sunčevim zrakama u toku revolucije Zemlje i od položaja dotičnog meridijana prema Sunčevim zrakama u toku rotacije Zemlje.

Ali i atmosfera (zrak), utječe na direktno Sunčevo zračenje, i zato njegov intenzitet u nižim slojevima atmosfere (na Zemljinoj površini) još zavisi:

d) *od fizičkih svojstava zraka, a to su:*

— *prozračnost.* Ona prvenstveno zavisi od mehaničke zamućenosti zraka, koja uglavnom nastaje od čestica prašine i od drugih primjesa u zraku, a zatim i od optičke zamućenosti, koja se javlja u čistom zraku kao posljedica miješanja zračnih masa. Što je atmosfera više zamućena, to će manje toplinske energije Sunčeva zračenja stići do Zemlje;

— *propustljivost.* Prvenstveno zavisi od sastava samog zraka i od primjesa zbog kojih nastaje njegova zamućenost. Posljedice toga su *difuzna refleksija i selektivna apsorpcija.*

Difuzna refleksija nastaje reflektiranjem Sunčevih zraka od zračnih čestica, od vodenih kapljica i od čestica prašine koje se nalaze u atmosferi. Refleksija slabi Sunčevo zračenje. Više se reflektiraju a time i slabe zrake kraćih valnih dužina (ultravioletne zrake). Posljedica difuzije također je dnevna svjetlost na Zemlji pri oblačnom vremenu, u svitanju i u sumraku, u zatvorenim prostorijama, i dr. Jača refleksija violetnih i ultravioletnih zraka daje nebu plavetnilo.

Prolaskom Sunčevih zraka kroz atmosferu dolazi i do njihove apsorpcije, koja u izvjesnoj mjeri povećava temperaturu atmosfere. Budući da pojedini sastavni dijelovi zraka (kisik, ozon, vodena para i dr.) apsorbiraju samo određenu valnu dužinu svjetlosnog spektra, ta se pojava naziva selektivnom apsorpcijom. Najjače se apsorbiraju zrake dugih valova (infracrvene);

— *provodljivost topline i temperature.* Određuju je koeficijent topline odnosno koeficijent temperature, koji prvenstveno zavise od gustoće zraka.

Količina toplinske energije izražena u kalorijama koja prođe kroz bočnu stranu kocke nekog tijela (zraka) presjeka 1 cm² za 1 s, kad je između strana kocke temperaturna razlika 1°C, zove se *koeficijent toplinske provodljivosti.*

Količina topline izražena u kalorijama koja u 1 s prođe kroz kocku od 1 cm³ neke materije (zraka) i zagrije je za 1°C zove se *koeficijent temperaturne provodljivosti;*

e) *od dužine puta Sunčevih zraka kroz atmosferu.* Što je put zraka duži to atmosfera više apsorbira Sunčevu energiju.

Dužinu puta Sunčevih zraka određuje:

— *visina Sunca nad horizontom.* Što je god visina Sunca manja, zrake prevaljuju duži put, i to uglavnom kroz niže i gušće slojeve atmosfere koja ih apsorbira (zbog toga se pri izlazu — zalazu Sunce može promatrati golim okom) i

— *nadmorska visina dotičnog mjesta.* Na većoj nadmorskoj visini veći je intenzitet Sunčeve radijacije zbog kraćeg puta Sunčevih zraka;

f) *od trajanja insolacije.* Ona zavisi od dužine dana (sijanja Sunca), tj. od geografske širine mjesta, od položaja Zemlje u njenoj revoluciji oko Sunca i od stanja naoblake.

**9. Atmosferska radijacija (zračenje).** — Do Zemljine površine stiže samo dio toplinske energije koju direktno zrači Sunce. Ostatak energije akumulirala je atmosfera (difuznom refleksijom i selektivnom apsorpcijom Sunčeva zračenja), i taj ostatak u obliku svjetlosnog i toplinskog zračenja dopire do Zemljine površine. To se zračenje naziva *atmosferskom radijacijom (zračenjem).* Ono je od posebna značenja za visoke geografske širine, gdje je visina Sunca malena.

Atmosfersko zračenje može se podijeliti na difuzno (nebesko) i na toplinsko zračenje.

*Difuzno zračenje atmosfere* je kratkovalno (pri vedrom nebu), i to samo od početka svitanja do završetka sumraka. *Nastaje kao posljedica difuzne refleksije direktnog Sunčeva zračenja, kojom se Sunčeve zrake skreću (lome) od prvobitna pravca i u izvjesnu iznosu dolaze do Zemlje.* Intenzitet toga zračenja izražava se količinom topline u g-cal koju primi 1 cm² potpuno crne vodoravne površine u 1 min.* Može se izračunati i u postotku direktnog Sunčeva zračenja koje dolazi do Zemljine površine. *Intenzitet difuznog zračenja raste* s porastom visine Sunca, s povećanjem oblačnosti, sa smanjenjem nadmorske visine mjesta i sa smanjenjem prozračnosti, i obrnuto.

* Umjesto g-cal upotrebljava se i nova jedinica za intenzitet Sunčeva zračenja — langlej (ly), nazvana tako u čast američkog istraživača Sunčeva zračenja S. P. Langleya.



*Toplinsko zračenje atmosfere* je zračenje koje vrši atmosfera od toplinske energije akumulirane apsorpcijom direktnog Sunčeva zračenja i apsorpcijom zračenja Zemljine površine. Ono je dugovalno, traje neprestano danju i noću i time djeluje na toplinske uvjete Zemlje.

**10. Insolacija.** — *Zbroj direktnog Sunčeva zračenja i difuznog zračenja atmosfere što pada na Zemljinu površinu daje globalno Sunčevo zračenje, koje se naziva insolacija.* Intenzitet insolacije na nekom mjestu općenito raste s porastom prozračnosti zraka, s porastom visine Sunca i s porastom nadmorske visine, a opada s povećanjem količine vodene pare u zraku, odnosno s povećanjem oblačnosti. Dnevna insolacija zavisi još i od duljine dana. Tablica prikazuje trajanje najkraćeg i najduljeg dana u nekim geografskim širinama:

| $\varphi$ | 0° | 20° | 40° | 60° | 66,5° | $\varphi$ | 70° | 80° | 90° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Najkraći dan | 12h | 10h 47m | 9h 09m | 5h 30m | 0h 00m | Sunce ne zalazi | 65d | 134d | 186d |
| Najdulji dan | 12h | 13h 13m | 14h 51m | 18h 30m | 24h 00m | Sunce ne izlazi | 60d | 127d | 179d |

Na osnovi mjerenja* može se zaključiti da srednji zbroj globalnog zračenja u toku godine raste sa smanjenjem geografske širine, isto kao i zbroj direktnog Sunčeva zračenja. Ali zbroj difuznog atmosferskog zračenja opada sa smanjenjem geografske širine do $\varphi = 60°$, a zatim ponovo raste. To znači da *u globalnom zračenju preteže utjecaj direktnog Sunčeva zračenja.*

**11. Zemljina radijacija (zračenje).** — Dio globalnog zračenja apsorbira Zemlja i na taj se način zagrijava, a drugi se dio reflektira natrag u atmosferu. *Zračenje koje se vrši od zagrijane Zemljine površine natrag u atmosferu zove se Zemljina radijacija* (ižarivanje). *Intenzitet Zemljine radijacije* zavisi od fizičko-kemijskih svojstava i od temperature Zemlje. Ta radijacija traje neprekidno danju i noću, a osobito je izrazita pri vedru i suhu vremenu.

Dugovalne toplinske zrake koje Zemlja zrači pri svojoj radijaciji apsorbira zrak (vodena para, ozon, ugljični dioksid, i dr.) iznad Zemljine površine. Zbog toga dolazi do zagrijavanja drugih slojeva atmosfere, a time i do protuzračenja atmosfere, koje kompenzira toplinu izgubljenu Zemljinom radijacijom.

Oblačni sloj apsorbira toplinu koju zrači Zemlja i prenosi je na slojeve zraka ispod oblaka. Time se sprečava prijenos zračne topline u više slojeve atmosfere. Ograničenje je to veće što su oblaci niži. Pri magli je to ograničenje maksimalno.

Dakle, *u procesu razmjene topline atmosfera djeluje kao neka vrsta toplinskog filtra:* propušta zrake direktnog Sunčeva zračenja prema Zemlji i zadržava (apsorbira) toplinske zrake koje Zemlja zrači. Kad ne bi bilo atmosfere, temperatura bi danju bila vrlo visoka, a noću niska, čime bi dnevne amplitude na Zemljinoj površini bile vrlo velike; srednja godišnja temperatura Zemljine površine bila bi —23°C, a ne oko +15°C, kako se zapravo danas smatra.

* Intenzitet zračenja (radijacije) mjeri se aktinometrom i pirheliometrom. Trajanje sijanja Sunca (osunčavanja) mjeri se heliografom.

**12. Bilanca zračenja.** — Na Zemljinoj površini i u atmosferi mora vladati termička ravnoteža. Radi toga je potrebno da u istom vremenu prosječan priliv toplinske energije bude ravan gubitku toplinske energije.

Prema proračunu gornja granica atmosfere prima za 24 sata oko 700 g-cal/ /cm² toplinske energije Sunčeva zračenja. Izvjestan dio te energije, prolazeći kroz atmosferu (zrak), difuzno se reflektira i apsorbira, pa *bilanca zračenja iznosi:*

— 30 do 40% energije direktnog Sunčeva zračenja reflektira se s gornjih slojeva atmosfere natrag izvan granica atmosfere;

— 60 do 70% zračene energije prodire kroz atmosferu prema Zemljinoj površini, od čega ukupno 25—30% stiže do Zemljine površine (oko 27% apsorbira Zemlja, a 3% reflektira se od Zemlje*), a ostatak od 35—40% zadržava atmosfera (djelomično se difuzno rasipa oko 25%, a djelomično apsorbira oko 10—15%) i na taj način se donekle i sama zagrijava.

## (2) Zagrijavanje i hlađenje Zemlje i atmosfere

**13. Općenito.** — Vidjeli smo da je Zemljina površina izložena utjecaju direktnog Sunčeva zračenja, difuznog zračenja atmosfere i protuzračenja atmosfere (kad su donji slojevi zraka topliji od Zemljine površine). Manji dio tog zračenja reflektira se natrag u atmosferu, a drugi, veći dio apsorbira Zemlja.

Dio toplinske energije koji apsorbira Zemljina kora troši se na zračenje Zemlje, na zagrijavanje donjih slojeva zraka, na isparavanje vodenih (vlažnih) površina i na stvaranje konvektivnih struja, a tek ostatak energije pretvara se u toplinsku energiju koja zagrijava Zemljinu površinu i njene dublje slojeve. Dalje smo vidjeli da je zagrijavanje zraka pod utjecajem direktnog Sunčeva zračenja beznačajno iako dio tog zračenja apsorbira atmosfera.

Kad bi Zemlja neprekidno dobivala toplinsku energiju od Sunca, temperatura njene površine neprekidno bi rasla. Ali smo vidjeli da toplinsko stanje površinskog sloja Zemljine kore i njene atmosfere pokazuje kako ima jedan drugi proces koji drži ravnotežu prilivu Sunčeve toplinske energije, tj. koji regulira temperaturu Zemljine površine i atmosfere. Taj proces je Zemljino zračenje. *Konačni je rezultat svih tih procesa ohlađivanje površine Zemlje i njene atmosfere.*

Navedenim temperaturnim promjenama najviše je izložen površinski sloj Zemlje, koji se zbog toga i naziva *aktivni sloj*. On obuhvaća onu dubinu u kojoj se zbivaju toplinski procesi što utječu na niže slojeve zraka. Toplinska energija akumulirana u aktivnom sloju prelazi u dublje slojeve Zemljine kore (litosferu i hidrosferu) i u atmosferu i tako ih zagrijava. Nasuprot tome, izgubljenu energiju aktivni sloj nadoknađuje iz dubljih slojeva Zemljine kore i atmosfere. *Aktivni sloj se najjače zagrije u toku dana, kad teče insolacija, a najviše se ohladi noću, kad teče Zemljina radijacija.* Zbog toga su u njemu najizraženije dnevne i godišnje temperaturne promjene.

Budući da se priliv i gubljenje toplinske energije atmosfere uglavnom ostvaruje kroz Zemljinu površinu, koja se ne zagrijava niti se hladi jednoliko, osim od insolacije i od Zemljine radijacije zagrijavanje i hlađenje Zemljine

* Reflektirana svjetlost zajedno s raspršenom svjetlošću nastalom pri prolazu kroz atmosferu omogućavaju vidljivost; zbog toga se zvijezde i ne mogu opažati danju. Pri vedru vremenu zimi je uvijek hladnije nego kad je nebo oblačno. Sunčeve zrake odbijaju se od snijega, a oblaci zadržavaju njihovu toplinu, tj. ne dopuštaju da topliji zrak nestane u više slojeve atmosfere.



površine zavisi od razlike temperature između nje i nižih slojeva atmosfere, od njenih fizičkih osobina (propustljivosti, toplinske i temperaturne provodljivosti, zapreminske specifične topline, boje, i dr.), isto tako i od karaktera njene kore (kopno ili more, topografske prilike, stanje i vrsta vegetacije, i dr.). Od posebna je značenja veličina zapreminske specifične topline pojedinih vrsta Zemljine kore. Poznato je da je zapreminska specifična toplina kopna (oko 0,5 g-cal/cm³) dva puta manja od zapreminske topline vode (oko 1,0 g-cal/cm³), a da je zapreminska specifična toplina zraka vrlo malena (0,000 31 g-cal/cm³). Zbog tih specifičnosti odvojeno će se obraditi zagrijavanje i hlađenje kopnenog od vodenog Zemljinog pokrivača.

**14. Zagrijavanje i hlađenje kopna.** — Ako se analiziraju fizičke osobine i karakter čvrstog dijela Zemljine površine, može se doći do ovih zaključaka. *Vrijednost je zapreminske specifične topline kopna malena, što ima za posljedicu relativno brzo zagrijavanje i hlađenje njegove površine.* Čestice kopna su nepokretne i zbog toga se jače zagrijavaju. Ako kopno nije pokriveno ledom ili snijegom, čitava apsorbirana toplinska energija troši se na zagrijavanje, a ne i na promjenu njegova agregatnog stanja. Osim od spomenutoga, zagrijavanje kopna zavisi i od vegetacije. Kopno uglavnom ima hrapavu površinu mrke boje koja slabo reflektira ali i slabo propušta Sunčeve zrake, pa se zato površinski sloj kopna bolje i zagrijava. Ostatak topline prenosi se na dublje slojeve kopna neposrednim putem, od čestice na česticu. Prema tome će svaki slijedeći sloj Zemljine kore biti sve slabije i sve kasnije zagrijavan u usporedbi s površinskim (aktivnim) slojem kopna (do 1 m u toku dana). Dubina zagrijavanja uglavnom zavisi od trajanja insolacije pa je zimi manja, a ljeti veća.

U toku topla dijela godine insolacija je jača od Zemljine radijacije, i zbog toga dolazi do akumuliranja izvjesne rezervne topline koja se radijacijom Zemlje u toku zime vraća u atmosferu. Zbog toga srednja godišnja temperatura Zemljine površine ostaje nepromijenjena. Količina topline koja se ljeti akumulira a zimi ižari s kopna naziva se *godišnja bilanca topline u kopnu*. Ona je najmanja u području ekvatora (malena temperaturna razlika!), a raste s povećanjem geografske širine.

Na osnovi naprijed iznijetog može se *zaključiti da se kopno brže i jače zagrijava, ali se isto tako brže i jače hladi s obzirom na njegovu relativno malenu bilancu topline.*

**15. Zagrijavanje i hlađenje mora.** — Ako usporedimo fizičke osobine vode (mora) s fizičkim osobinama kopna, vidjet ćemo među njima znatne razlike. Osim od prije spomenutih elemenata zagrijavanje vode *zavisi još i od* različitih konstantnih i promjenljivih telurnih faktora, npr. od *rasporeda kopna i vode, struja i promjenljivosti strujanja* (kako po smjeru tako i po termičkim osobinama), *oborina, leda, riječnih voda, i dr.* Uz to treba imati na umu još i *utjecaj vjetrova, odnosno valova, termičke različnosti između kopna i vode, i dr.* Posebno treba istaknuti da voda ima najveću zapreminsku specifičnu toplinu gotovo od svih poznatih tijela, da glatka površina vode reflektira velik dio Sunčevih zraka u atmosferu i da taj dio Sunčeva zračenja ne sudjeluje u zagrijavanju vode, ali i da je voda dovoljno dijatermna da propušta Sunčeve zrake i do većih dubina.

Reflektiranje Sunčeva zračenja opada s porastom visine Sunca (npr. za visinu od 25° reflektira se oko 10% Sunčeva zračenja). Ali voda propušta Sunčeve zrake i do većih dubina. Te se zrake prolazeći kroz vodu ipak apsorbiraju i slabe. Apsorpcijom Sunčevih zraka voda se zagrijava, ali se dio topline utroši

i na isparavanje vodene površine. Na to isparavanje troši se velika količina Sunčeve energije i tako se smanjuje broj kalorija koji bi inače zagrijao vodu. Zagrijane površinske čestice ostaju kao lakše na površini, a toplina se po dubini prenosi isključivo sa čestice na česticu; u toku dana to se osjeća do 0,5 m, a u toku godine i do 7 m dubine

*Ipak, najdjelotvornije se toplina u dubini širi vertikalnim strujanjem.* Tako se voda hladi (noću i zimi). S prestankom djelovanja insolacije voda se počinje intenzivno hladiti. Hlađenjem specifična težina (gustoća) površinskog sloja postaje veća, i površinski rashlađeni sloj spušta se prema dubini dok ne naiđe na sloj vode iste specifične težine i iste temperature. Na mjesto tog sloja uzdiže se na površinu nešto topliji susjedni sloj vode. Taj se proces neprestano ponavlja u toku noći do ponovnog zagrijavanja površinskog sloja, tj. do slijedećeg izlaska Sunca.

Fizičke osobine mora nešto su drugačije od osobina slatke vode s obzirom na njegovu gustoću*, slanost i kemijski sastav. Ipak se svi opisani procesi javljaju i u moru, osim što se dubinski slojevi mora i hlade i zagrijavaju na isti način, tj. isključivo vertikalnim strujanjem (konvekcijom). Zagrijavanjem morske površine dolazi do isparavanja. Tople čestice mora koje bi trebale da budu lakše izlučivanjem soli, naprotiv, postaju teže i zbog toga tonu prema dubini dok ne naiđu na sloj mora iste gustoće ali niže temperature. Na površinu mora izbija na mjesto potonuloga sloja njemu prije neposredno susjedni sloj vode. Taj se zagrijava, i proces se ponavlja kao i pri hlađenju slatke vode.

Na osnovi naprijed iznijetoga može se zaključiti da je *godišnja bilanca topline u vodi znatno veća nego u kopnu. Zbog toga se vodene mase sporo i slabo zagrijavaju, ali i akumuliraju znatnu količinu topline, koju u toku noći i za hladna perioda godine sporo i slabo otpuštaju.* Glavniji su uzroci tome znatna zapreminska specifična toplina vode (mora), konvektivno strujanje i direktno prodiranje Sunčevih zraka kroz vodu (more). Godišnja toplinska bilanca u vodi smanjuje se od viših geografskih širina prema nižim.

**16. Zagrijavanje i hlađenje zraka.** — Vidjeli smo da se zrak uglavnom zagrijava i hladi posredno, tj. preko Zemljine površine. Znači, da zagrijavanje i hlađenje zraka prvenstveno zavisi od toplinskog stanja i od promjena Zemljine podloge nad kojom se nalazi zrak.

*Zrak se dosta sporo zagrijava i hladi s obzirom na to da ima znatno manju specifičnu toplinu od vode.* Uzroci su tome jaka propustljivost zraka, neprekidna strujanja zraka i njegova slaba vodljivost topline.

Zagrijavanje zraka, odnosno p r i j e n o s  t o p l i n e od Zemljine kore (aktivnog sloja) u troposferu vrši se uglavnom kondukcijom (vođenjem, neposrednim prelaženjem), konvekcijom (vertikalnim strujanjima), turbulencijom (miješanjem), advekcijom (horizontalnim strujanjima) i isparavanjem.

*Kondukcija je način prijenosa topline direktnim međusobnim kontaktom zračnih čestica ili kontaktom zračnih čestica i Zemljine kore.* To se obavlja na isti način na koji se osjeća toplina kad se ruka stavi u toplu vodu. Kad bi toplinska energija prelazila u atmosferu samo zračenjem i kondukcijom, zbog sporosti procesa (zrak je loš vodič topline!) u toku dana ugrijao bi se samo tanak sloj

* Nautičke tablice, izd. HJ-JRM (tabl. 70. i 101), sadrže tablice za gustoću morske vode (u funkciji temperature i slanosti) i specifične težine tekućih i krutih tijela.



zraka. Ipak, mjerenjima je ustanovljeno da se zagrijavanjem odozdo toplinska energija prenosi na relativno velike visine. To se objašnjava pojavama konvektivnog i turbulentnog strujanja zraka (t. 92).

Pri zagrijavanju prizemnih slojeva zraka odozdo, u troposferi nastaju uzlazne struje (prenose toplinu u više slojeve) i silazne struje (nadomještaju uzdignuti topli zrak) koje zajedničkim imenom nazivamo *konvektivno strujanje. Sam proces cirkulacije zračnih masa koji nastaje iz termičkih uzroka zovemo konvekcija.* Uzrok konvekcije je u tome što se zagrijani zrak kao lakši diže u visinu, a na njegovo mjesto s visine spušta se hladniji zrak. Pojava je analogna strujanjima koja nastaju pri zagrijavanju vode.

Uz ostale jednake uvjete, intenzitet konvekcije i debljina sloja atmosfere (različita visina troposfere) koji ona zahvaća zavise od intenziteta Sunčeva zračenja. U ekvatorijalnom pojasu konvekcija je naročito jaka i najvažniji je uzrok opće cirkulacije u atmosferi*. Konvekcije nema nad Zemljinom površinom pokrivenom snijegom i ledom. U umjerenim širinama ona ima lokalno značenje, a najjače je ljeti. *Uz jednaku insolaciju konvekcija je uvijek intenzivnija nad kopnom nego nad morem; nad morem je opet jača noću nego danju, zbog čega su i nevere nad oceanima češće noću.*

Gubitak zraka u nižim slojevima atmosfere, nastao zbog konvetivnog strujanja, uglavnom se kompenzira pritjecanjem prizemnog zraka iz okolnih područja (u horizontalnom smjeru), pa konvektivno strujanje nije zatvorena cirkulacija zraka. Zbog toga vjetar nad kopnom jača danju, a slabi noću (t. 110).

Uzlazno konvektivno strujanje jedan je od najvažnijih uzroka prenošenja vodene pare u više slojeve atmosfere, a njena kondenzacija u tom procesu jedan je od najefektivnijih uzroka stvaranja oblaka (posebno oblaka Cumulus). Ti oblaci imaju jače izražen vertikalni razvitak nego horizontalni, pa ih i nazivamo oblacima vertikalna razvitka (t. 36). Oborine koje padaju iz takvih oblaka zahvaćaju malo područje, one su kratkotrajne ali intenzivne (pljuskovi).

*Turbulencija može biti dinamičkog ili termičkog karaktera* (t. 92). Pod utjecajem turbelencije stvaraju se vrtložna strujanja oko vertikalne ili oko horizontalne osi u kojima se zrak miješa, i tako se nad dotičnom podlogom toplina zraka prenosi odnosno izjednačava.

*Pri isparavanju vode (Zemljine površine) diže se vodena para uvis.* Pri kondenzaciji na određenoj visini oslobađa se izvjesna toplina i tako zagrijava zrak.

U toku noći, naročito zimi, površina Zemlje postepeno se hladi. Prizemne čestice zraka toplije su od Zemljine površine i zbog toga dolazi do *provođenja* topline od toplijeg zraka prema hladnijoj Zemljinoj površini. Taj način ohlađivanja zraka, predavanjem topline hladnijem Zemljinom aktivnom sloju, teče mnogo sporije nego proces zagrijavanja zraka od aktivnog sloja, a time uvjetovano ohlađivanje zraka odnosi se samo na sloj manje debljine (3—5 m). To nastaje zbog toga što je toplinska provodljivost zraka znatno manja od provodljivosti pojedinih slojeva Zemljine kore.

Osim provođenjem, toplina se od prizemnog sloja zraka prema hladnijoj Zemlji prenosi još i *zračenjem.* Zbog svoje slabe specifične topline zrak se brzo rashladi dok se Zemljina površina vrlo slabo ugrije.

Nad morskom površinom zrak je noću hladniji od mora, a danju topliji, što je sasvim suprotno nego nad kopnom. Te razlike nastaju zbog različitih fizič-

* Time se tumači i veća visina troposfere u ekvatorijalnom području Zemlje.

kih osobina mora i zraka. Zrak nad morem pun je vodene pare i čestica soli i zbog toga se zagrijava neposredno apsorpcijom Sunčeva zračenja. Iz tog je razloga temperatura zraka danju veća od temperature mora. Noću vodene pare i čestice soli zračenjem otpuštaju toplinu zbog čega temperatura zraka može biti niža od temperature mora.

### (3) Promjene temperature

**17. Općenito o dnevnim i o godišnjim promjenama temperature.** — Temperatura Zemljine površine i zraka mijenja se u toku dana i u toku godine, i to pravilno (periodički) i nepravilno (neperiodički). Periodičke promjene zavise od insolacije i od Zemljine radijacije, što opet zavisi od geografske širine, od nadmorske visine, od podloge itd. Neperiodičke promjene izaziva promjena vremena (vjetar, naoblaka, kiša i dr.). Zbog toga se pri određivanju srednjih vrijednosti dnevnih i godišnjih promjena temperature primjenjuje statistička teorija srednjih vrijednosti.

*Razlika između najviše i najniže temperature u toku 24 sata zove se dnevna amplituda temperatura.*

*Razlika između apsolutne najviše i najniže godišnje temperature zove se godišnja amplituda temperature.* Ona se može izračunati i kao razlika između srednjih temperatura najtoplijeg i najhladnijeg mjeseca u godini.

**18. Dnevne i godišnje promjene temperature kopna.** — Dnevne i godišnje promjene temperature kopna zavise od svih onih faktora od kojih zavisi zagrijavanje i hlađenje njegove površine i dubljih slojeva, isto tako i zagrijavanje i hlađenje prizemnog sloja atmosfere.

D n e v n e p r o m j e n e *temperature kopna zavise uglavnom od insolacije i od Zemljine radijacije.* Dok je u toku dana insolacija jača od radijacije (tj. od izlaska Sunca do 13.00 sati), temperatura kopna raste. Čim radijacija počne pretezati nad insolacijom (poslije 13.00 sati), temperatura kopna opada. To se nastavlja do izlaska Sunca slijedećeg dana.

Vidjeli smo da *insolacija traje od izlaska do zalaska Sunca, a da Zemljina radijacija traje neprekidno* (danju i noću). Maksimalna je insolacija u trenutku prolaska Sunca kroz gornji meridijan. Zemljina radijacija raste od početka svitanja. Pri izlasku Sunca radijacija i insolacija su izjednačene, a kasnije radijacija zaostaje za insolacijom. Svoj maksimum radijacija postiže oko 13.00 sati, i u tom se trenutku radijacija i insolacija izjednačuju. Od tog trenutka radijacija opada sporije od insolacije, i to sve do slijedećeg izlaska Sunca.

Znači da su *minimalne temperature kopna prije izlaska Sunca, a maksimalne temperature oko 13.00 sati.* Budući da se vrijeme izlaska Sunca mijenja iz dana u dan, to se i minimalne temperature kopna javljaju u različito vrijeme.

S povećanjem geografske širine dnevne su amplitude sve manje. Ljeti su amplitude veće nego zimi. Kako raste nadmorska visina, rastu i dnevne amplitude temperature. Kopno koje obilježava veća provodljivost topline imat će manje dnevne amplitude temperature. Pokriveno zemljište imat će manje dnevne promjene temperature od nepokrivena zemljišta. Što je oblačnost veća to će dnevna amplituda temperature biti manja.

G o d i š n j e p r o m j e n e *temperature kopna uglavnom zavise od godišnjih promjena intenziteta insolacije i Zemljine radijacije,* a isto tako i od svih onih faktora od kojih ovisi dnevna amplituda. Te promjene rastu s geografskom širinom.



Od proljetnog ekvinocija gornji sloj kopna ne gubi radijacijom cijelu toplinu, već jedan dio ostaje akumuliran kao zaliha topline. Temperatura kopna postaje sve veća i veća i svoj *maksimum u umjerenim širinama dostigne potkraj srpnja,* kad se insolacija izjednačava s radijacijom. Dotada je insolacija ipak bila jača od radijacije. Otada radijacija nadjačava insolaciju (visina Sunca opada), i temperatura kopna postaje manja. *Minimalna je temperatura kopna u siječnju.* Tada se radijacija izjednačava s insolacijom, a zatim ponovo počinje jačanje insolacije.

Krajevi oko ekvatora imaju najmanje godišnje amplitude temperature, a prema polovima amplitude rastu. Kao posljedica prividna kretanja Sunca oko Zemlje, ekvator ima dva godišnja maksimuma i dva godišnja minimuma temperature kopna. Te su promjene na kontinentu znatnije nego na moru.

**19. Dnevne i godišnje promjene temperature mora.** — Dnevne i godišnje promjene temperature vode (mora) zavise uglavnom od svih onih faktora od kojih zavisi zagrijavanje i hlađenje površine i dubljih slojeva vode (mora), isto tako i od zagrijavanja i hlađenja najdonjih slojeva zraka. Pri tome moramo imati na umu fizička svojstva morske vode (mora), posebno njenu veliku specifičnu toplinu i utjecaj morskih struja. Vodeni pokrivač, posebno more, koje pokriva gotovo 3/4 Zemljine površine, teže se zagrijava i teže hladi. Zbog toga je *more velik prirodni regulator topline,* a posljedica su, na istim geografskim širinama, blaže promjene temperature (dnevne i godišnje) u morskim krajevima nego u unutrašnjosti kontinenta. Promjene temperature vode po dubini osjećaju se do veće dubine nego na kopnu. To je posljedica direktna prodiranja Sunčevih zraka i konvektivnih strujanja.

D n e v n e p r o m j e n e *temperature vodenih površina nisu velike.* S povećanjem dubine te su promjene sve manje i u morima nestaju na dubini od približno 25 m.

Prosječna amplituda temperature u jezerima iznosi oko 2°C, a u morima oko 0,4°C.

*Minimalna temperatura vode (mora) javlja se pred izlazak Sunca,* a pokatkad i kasnije. *Maksimalne temperature padaju između 15.00 i 16.00 sati.*

G o d i š n j e p r o m j e n e *temperature mora* jače su izražene od dnevnih i normalno rastu s geografskom širinom, ali su ipak i te promjene na moru najumjerenije. Maksimalne i minimalne temperature vodenih površina (mora) dolaze znatno kasnije negoli na kopnu.

*Maksimalna temperatura mora javlja se u toku kolovoza ili rujna, a minimalna temperatura u toku veljače ili ožujka.*

Najniže temperature površine mora od —3,3°C izmjerene su istočno od Nove Škotske, u području polarnih struja. Na otvorenu oceanu najviša izmjerena temperatura iznosi +32,2°C i to u W dijelu tropa Južnog Pacifika. U Atlantiku su godišnje temperature niže od +28°C. Od zatvorenih mora najviše su temperature izmjerene u Crvenom moru, +34,4°C, i u Perzijskom zaljevu, +35,6°C.

Temperatura mora Jadrana za najtoplijih mjeseci (kolovoz — rujan) kreće se od +22°C do +26°C, a za najhladnijih (veljača — ožujak) rijetko padne ispod +10°C. Godišnja amplituda temperature srednjeg Jadrana iznosi od +15°C do +17°C, a razlika između temperature sjevernog i južnog dijela zimi iznosi 8° — 10°C.

**20. Dnevne i godišnje promjene temperature zraka.** — Te su promjene normalno slične promjenama koje se javljaju u podlozi, tj. na kopnu ili u vodi odnosno u moru. S obzirom na to da se vodene i kopnene površine različito zagrijavaju i različito hlade u toku dana, odnosno u toku godine, to i promjene temperature zraka neće biti iste za zrak koji se nalazi iznad kopna i za zrak koji se nalazi iznad vode (mora).

D n e v n e p r o m j e n e *temperature zraka nad kopnom normalno pokazuju minimum pred izlazak Sunca i maksimum oko 14.00 sati.* Zrak se zagrijava i hladi uz posredstvo svoje podloge, pa maksimalne i minimalne temperature zraka moraju doći nešto kasnije od pojave ekstremnih temperatura podloge.

*Dnevne promjene temperature zraka nad kopnom* zavise od istih faktora kao i iste promjene samog kopna. Što je geografska širina veća, to je dnevna amplituda temperature manja. Najveće su dnevne amplitude temperature zraka na ekvatoru (jednako trajanje dana i noći), a na polovima ih uopće nema. U srednjim geografskim širinama dnevne amplitude temperature iznose zimi 2° — 4°C, a ljeti 8° — 12°C. S obzirom na podlogu, osobito su velike dnevne amplitude nad stepama i pustinjama (npr. nad Saharom oko 28°C). Reljef zemljišta također utječe na veličinu amplitude. Biljni pokrov smanjuje dnevnu amplitudu temperature, a s porastom visine amplituda temperature opada. Pri vedrim danima (noćima) dnevna je amplituda veća nego za oblačnih dana.

Ljeti mogu nastati veoma brze promjene u temperaturi zraka kao posljedica turbelentnih strujanja zraka (vjetar s mora i vjetar s kopna).

*Dnevne promjene temperature zraka nad vodom (morem) drugačije su od onih iznad kopna* jer su i fizičke osobine vodenog pokrova drugačije (t. 18. i 19).

Minimalna temperatura zraka iznad oceana je između 01.00 i 03.00 sata (2 sata prije nego na površini oceana). Maksimalna temperatura javlja se također znatno prije nego na oceanskoj površini i dolazi oko 13.00 — 14.00 sati.

Budući da najdonji sloj zraka dodiruje gornji sloj mora, to se temperature zraka i površine mora neće mnogo razlikovati. Temperatura mora noću će mahom biti nešto veća od temperature zraka, a danju je obratno. U prosjeku ta je razlika manja od 2°C, ali u izuzetnim prilikama može biti i veća (npr. u području Labradorske hladne struje, pri dizanju hladne vode iz dubine, uz obalu, kada pušu topli vjetrovi i sl.).

G o d i š n j e p r o m j e n e *temperature zraka* slijede temperaturne promjene podloge. Istaknutije su od dnevnih promjena. Normalno rastu povećanjem geografske širine. Nad vodenom podlogom u ekvatorijalnom pojasu one iznose do 1°C, u umjerenim širinama 10° — 15°C, a u polarnim širinama 20°C, i više. Nad kopnenom podlogom u naprijed navedenim pojasima amplitude iznose 15° — 20°C, odnosno 40° — 50°C i više*. Ostali faktori utječu na godišnje promjene temperature zraka slično kao i na dnevne promjene temperature zraka.

* Dosada najvišu temperaturu u svijetu +57,5°C zabilježila je meteorološka stanica u Azizziji, 50 km jugozapadno od Tripolija. Najnižu temperaturu —80,4°C zabilježila je sovjetska stanica »Mirna« na Antarktiku.

Valovi zvuka šire se kroz atmosferu brzinom: $v = \sqrt{1 + 0,004\ t^{\circ}C}$. Pri temperaturi od 0°C ta brzina iznosi 331 m/s. Od izvora se zvuk širi na sve strane, a njegova jakost opada s kvadratom udaljenosti od izvora. Manje zapreke zvučni valovi prelaze, a od većih se reflektiraju. Za zvuk također vrijedi zakon da je kut upada jednak kutu odbijanja.

Pri normalnoj raspodjeli temperature po visini, otklanjanje zvuka vrši se od Zemlje uvis. Na visinama utječu na širenje zvuka još i visinski vjetrovi.



**21. Horizontalna raspodjela temperature zraka.** — Kako je u uvodu istaknuto temperatura odnosno razlika u temperaturi zraka na površini Zemlje jedan je od faktora u formiranju meteoroloških pojava. Otuda je glavna briga meteorologa da dozna stanje temperature zraka u raznim predjelima. Temperatura prizemnog sloja zraka prosječno pada za 0,5°C za svaki stupanj (111 km) povećanja geografske širine. *Razlika u temperaturi na razmaku od 111 km zove se horizontalni termički gradijent.*

Radi lakšeg proučavanja temperaturni podaci pojedinih mjesta unose se na naročite geografske karte, pa se *sva ta mjesta iste temperature zraka (mora) spajaju krivim crtama, koje se nazivaju izoterme (hidroizoterme).* Karte izoterma obično se crtaju za mjesec (siječanj i srpanj) ili godinu. Prije nego se nanose na kartu, sve se temperature svode na razinu mora. *Izoterma s najvećom pozitivnom temperaturom zove se termički ekvator.*

Kad ne bi postojale nejednakosti u razvedenosti i raspodjeli mora i kopna na Zemlji, izoterme bi se protezale kao i paralele. Posebnu deformaciju hidroizoterma vrše morske struje. Najveću pozitivnu anomaliju nailazimo uz obale Norveške, gdje temperatura, kao posljedica tople Golfske struje, doseže i do +12°C. Slike 4a i b prikazuju srednje izoterme zraka na razini mora za siječanj i srpanj (str. 22. i 23).

*Analizirajući i uspoređujući karte izoterma, dolazimo do ovih zaključaka:*

a) Termički ekvator mijenja svoj položaj zavisno od godišnjeg doba i pomiče se prema onoj hemisferi koja ima ljeto. Osim toga, termički ekvator ljeti odstupa od geografskog na sjevernoj hemisferi više nego na južnoj, jer na ovoj ima više kopna. Takva raspodjela kopna na sjevernoj hemisferi ima još i ove posljedice:

— godišnja amplituda temperature na sjevernoj hemisferi gotovo je dvaput veća nego na južnoj;

— srednja temperatura prizemnog sloja zraka za cijelu je Zemlju u srpnju veća (za 3,4°C) nego u siječnju;

— srednja temperatura ljetnog mjeseca (srpanj) na sjevernoj hemisferi veća je (za 5,4°C) od srednje temperature ljetnog mjeseca na južnoj hemisferi (siječanj);

— srednja godišnja temperatura prizemnog sloja zraka na cijeloj Zemlji iznosi 14,3°C.

b) Nad toplim strujama izoterme se savijaju od ekvatora, a nad hladnim prema ekvatoru.

c) Na karti izoterma srpnja vidi se da je pojas u kojem prolazi termički ekvator ograničen izotermama +24°C, na zapadnoj obali Amerike znatno je sužen pod utjecajem hladne Kalifornijske i Peruanske struje, a na zapadnoj obali Afrike pod utjecajem hladne Kanarske i Gvinejske struje. To su izoterme na osnovi dugogodišnjih motrenja, pa u pojedinim godinama može srednja temperatura biti i u srpnju i viša i niža.

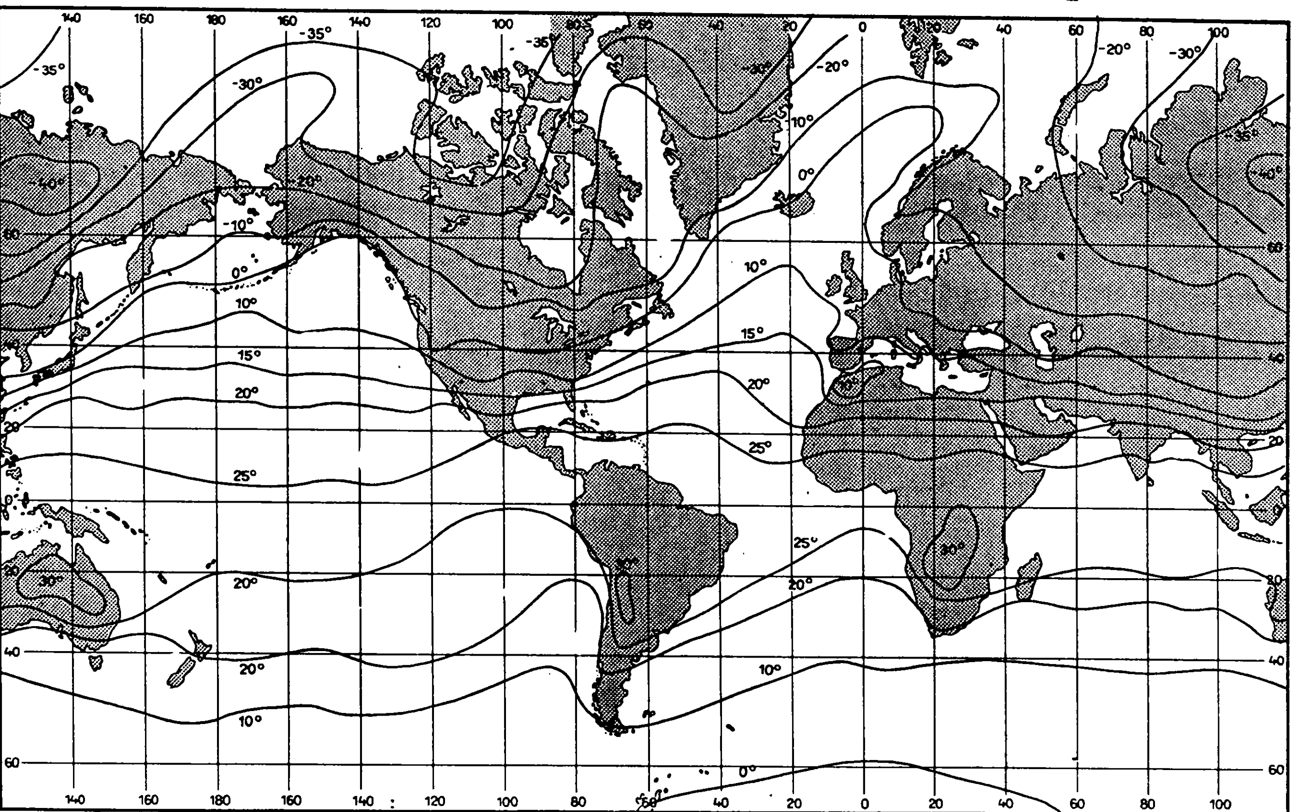
d) U siječnju se pojas temperatura iznad +24°C pomaknuo za Suncem prema jugu i postao uži.

e) Na sjevernoj hemisferi oblici izoterma siječnja oštro se razlikuju od izoterma srpnja. »Pol hladnoće« sa —48°C postoji nad sjeveroistočnom Azijom, a ne nad sjevernim polom (utjecaj mora). Nad Grenlandom nalazi se drugi »pol hladnoće«.

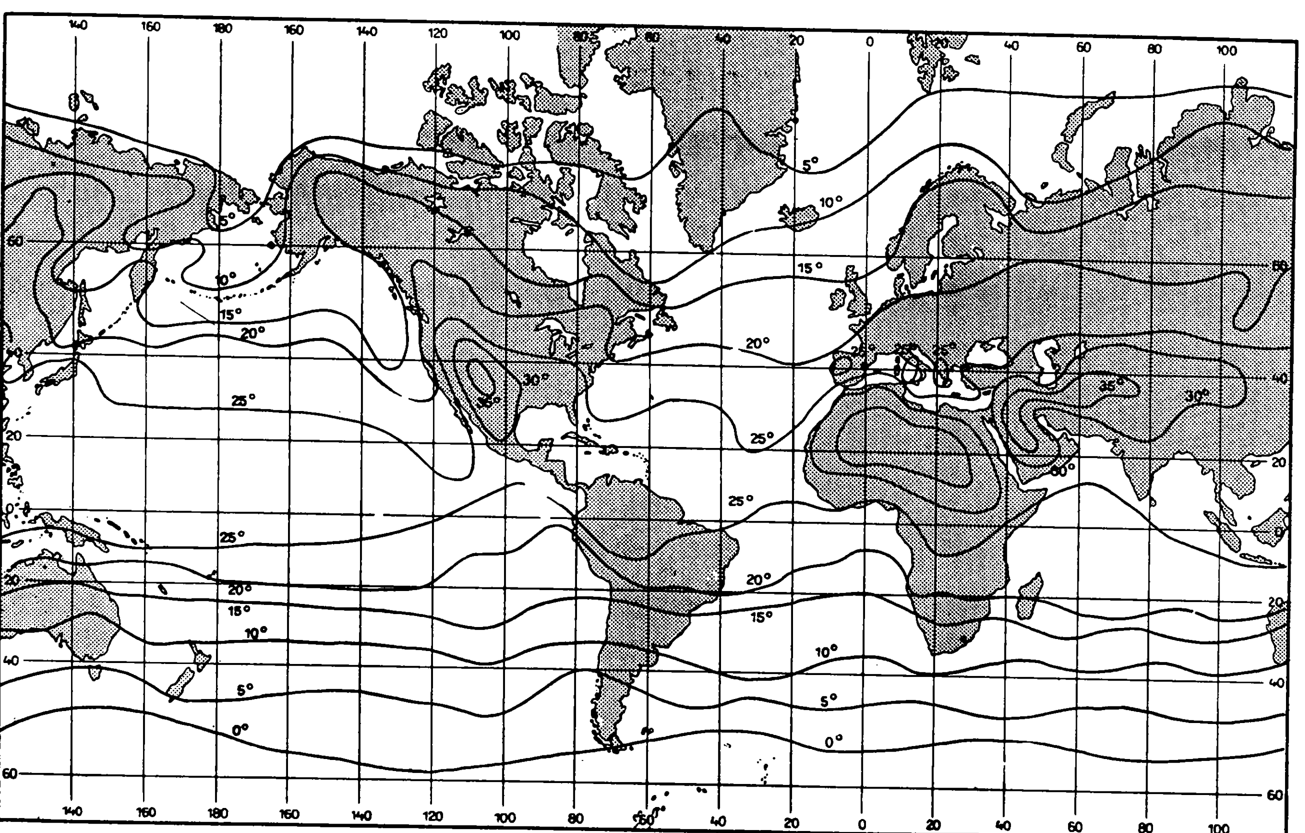
f) Zbog nedostatka podataka nisu obilježeni »polovi hladnoće« u visokim južnim širinama.

g) Na karti izoterma siječnja dobro se vidi kako Golfska struja utječe na temperaturu sjevernog Atlantika i sjeverozapadne Evrope.

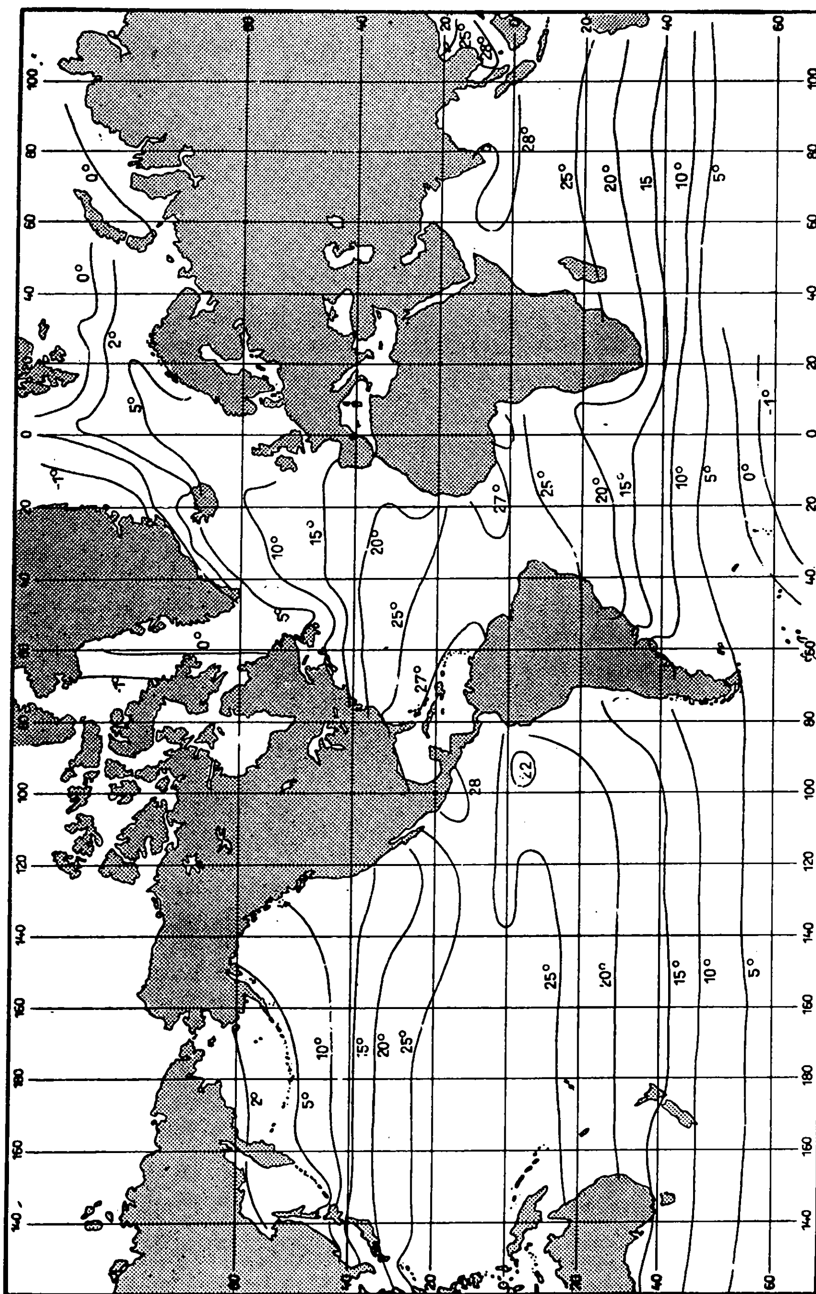
h) Po karti izoterma mogu se izračunati srednje temperature na pojedinim paralelama.




*Sl. 4. a Srednje izoterme u siječnju*




*Sl. 4. b Srednje izoterme u srpnju*



Sl. 4. c Srednje godišnje hidroizoterme



**22. Horizontalna podjela temperature na površini mora.** — Ta podjela temperature obično se prikazuje za najtopliji (kolovoz) i najhladniji mjesec (veljača), ili kartama najkarakterističnijih mjeseci pojedinih godišnjih doba (veljače, kolovoza, studenog), ili kartama s godišnjim hidroizotermama svjetskog mora. Iz karte se vidi da morske struje veoma utječu na toplinsko stanje oceana (analizirajte kartu na sl. 4c).

Atlantik je najhladniji ocean (srednja temperatura +16,9°C), a Tihi ocean najtopliji (srednja temperatura +19,1°C). Indijski ocean ima srednju temperaturu oko +17,0°C. To je zato što je Tihi ocean najširi u vrućem tropskom pojasu, a s Atlantskim oceanom je obratno.

Najhladnije područje u Atlantiku je Baffinov zaljev (oko —1°C), a u Tihom oceanu Ohotsko more i Beringovo more.

**23. Promjena temperature s visinom.** — U nižim slojevima troposfere temperatura mahom opada s porastom visine. To nastaje iz ovih razloga: s povećanjem nadmorske visine utjecaj Zemljine radijacije sve je slabiji; donji slojevi troposfere gušći su i bogatiji vodenom parom pa imaju i veću moć apsorpcije od viših slojeva; pri vertikalnom strujanju zraka, zrak koji se diže ekspandira i zbog toga rashlađuje. Opadanje temperature s visinom događa se naročito ljeti i u toku dana za vedra i tiha vremena, jer tada insolacija preteže nad radijacijom.

*Opadanje temperature s povećanjem visine za 100 m općenito se naziva vertikalni termički gradijent.* U homogenoj zračnoj masi u kojoj je opadanje temperature po visini uglavnom pravilno, mjerenjima je ustanovljeno da u srednjim širinama u većem dijelu troposfere ***srednja vrijednost opadanja temperature iznosi 0,56° na svakih 100 m visine.*** Stoga, kad se žele usporediti temperature nekih mjesta na različitim nadmorskim visinama, tad se, s pomoću vrijednosti vertikalnog termičkog gradijenta, temperature najprije svedu na morsku razinu.

Spomenuto opadanje temperature je pravilno, ali ima i izuzetaka. Često, zbog raznih procesa u atmosferi, s porastom visine temperatura zraka ostaje praktički nepromijenjena. Ta pojava zove se *izotermija,* a takav sloj *izotermni sloj.* U tropopauzi u donjim slojevima stratosfere po pravilu postoji izotermija. Međutim, često se, na visini pojavi veća temperatura od one u susjednom nižem sloju. Takva pojava naziva se *inverzija* (obrt) temperature. Ima i suprotnih slučajeva, kao posljedica znatnog ohlađivanja zraka odozdo i porasta temperature visinom (negativni vertikalni termički gradijent). Takav nenormalni raspored temperature po vertikali troposfere, gdje je u prizemnim slojevima temperatura zraka niža od one na visinama, zove se *prizemna inverzija temperature.* Jedan od važnijih uzroka prizemne inverzije su rani jesenji mrazovi.

Primjer. Nadmorska visina meteorološke stanice iznosi 350 m. Izmjerena i korigirana temperatura iznosi $t_1 = +18°C$.

Svedite izmjerenu temperaturu na morsku razinu ($t_2$).

*Rješenje.* $t_2 = t_1 + \Delta t = +18°C + 3{,}50 \cdot 0{,}56°C$
$t_2 = +18°C + 2°C = +20°C.$

**24. Promjena temperature mora po dubini.** — Temperature na oceanima i otvorenim morima opadaju s dubinom, i to sve slabije što se ide prema većim dubinama. To opadanje temperature s dubinom zavisi prije svega od geografske širine. Minimalno je u polarnim krajevima, a najjače u tropskim (oko 1 000 m

dubine za 15° — 20°C, od 1 000 do 2 000 m za 1° — 4°C, a dalje od 2 000 m ne jače od 1°C). Golema količina svjetskog mora ispod 1 000 m dubine prilično je homotermična s niskim temperaturama (malo iznad nule). Gustoća mora najveća je na temperaturi +4°C.

**25. Adijabatski procesi u atmosferi.** — Kada se zrak iznad jednog mjesta jače zagrijava od okolnog zraka topliji zrak se širi i postaje lakši. Okolni hladniji zrak potiskuje čestice toplijeg zraka i on se počinje uzdizati. Koliko je veća temperaturna razlika između zraka koji se uzdiže i okolnog zraka toliko će se zagrijani zrak brže uzdizati. Pri spuštanju hladnog zraka nastupa obratan proces.

Slične pojave javljaju se i kad se zračne struje odbijaju prolazeći preko nekih prirodnih prepreka (npr. brda).

Ako se zrak pri vertikalnom uzdizanju širi, a pri spuštanju skuplja bez priliva toplinske energije izvana, i zbog razlike u gustoći nije prinuđen da se miješa sa zračnom masom opće cirkulacije atmosfere, on nastoji da od nje ostane odvojen (miješanja koja se javljaju na njihovim dodirnim površinama nisu naročito bitna). U takvim uvjetima razlika u količini toplinske energije između zraka u kretanju i dijela zračne mase praktički nema. To nastaje zbog toga što atmosfera Zemlje ima veoma slabu termičku provodljivost. *Jedno takvo strujanje zraka, koje se javlja bez priliva toplinske energije izvana i bez promjene toplinske energije između dvije prisutne zračne mase, zove se adijabatsko kretanje.*

Pri uzdizanju (širenju) topliji zrak ulazi u sve rjeđu sredinu, na njega okolni zrak tlači sve slabije i zbog toga on ekspandira. Kao posljedica, njegova se temperatura i snižava. Međutim, zrak koji se spušta ulazi u gušću sredinu, skuplja se (komprimira) i zbog toga zagrijava. *Takvo ohlađivanje zraka pri širenju i zagrijavanje pri stlačivanju, koje se događa bez priliva ili gubitka toplinske energije, zove se adijabatsko ohlađivanje, odnosno adijabatsko zagrijavanje zraka.*

Adijabatsko ohlađivanje i adijabatsko zagrijavanje zraka zapravo su *adijabatski procesi u atmosferi.*

Bez velike greške možemo reći: Kada se suh ili vlažan zrak (ali ne i zrak zasićen vodenom parom) adijabatski diže, njegova temperatura adijabatski pada za 1°C na svakih 100 m uspona. *Vrijednost pada temperature zraka od 1°C za 100 m visinske razlike zove se adijabatski gradijent.*

Adijabatski gradijent uzdižućeg vlažnog zraka iznosi 1°C za svakih 100 m povećanja visine samo dok se temperatura zraka ne spusti do tačke rosišta. U tom slučaju kažemo da se *zrak hladi po suhoj adijabati, a takav gradijent zovemo adijabatski gradijent za suhi zrak* (suhoadijabatski gradijent).

Uzdizanjem i hlađenjem zraka dalje od tačke rosišta, vodena para koju sadrži zrak počinje se kondenzirati ili sublimirati, pri čemu se oslobađa velika količina latentne topline koja smanjuje daljnje hlađenje zraka. Zbog toga temperatura uzdižućeg zraka ne opada i dalje 1°C/100 m, već oko 0,5° — 0,7°C/100 m. U tom slučaju kažemo da se *zrak hladi po vlažnoj adijabati, a takav gradijent zovemo dijabatski gradijet za vlažan zrak* (vlažnodijabatski gradijent).

*Visina na kojoj se temperatura uzdižućeg zraka spusti na tačku rosišta zove se nivo kondenzacije.*

I pri dijabatskom zagrijavanju, povišenje temperature zraka iznosi također 1°C za svakih 100 m njegova spuštanja, s tom razlikom što ta promjena nastaje i kod zraka nezasićenog vodenom parom i kod zraka zasićenog vodenom



parom u kojemu nema kondenziranih tvorevina. Znači, temperatura zraka raste po suhoj adijabati. Pri spuštanju zraka u kojemu je došlo do kondenzacije, njegova temperatura najprije raste po vlažnoj adijabati (0,5 — 0,7°C/100 m), ali čim zrak postane nezasićen (vodene kapljice isparavaju!), temperatura dalje raste po suhoj adijabati (1°C/100 m).

Na osnovi iznijetog može se razumjeti i *nastanak pojedinih vrsta oblaka* (t. 31). Kada pri uzdizanju zraka njegova temperatura padne toliko da se sadržane vodene pare kondenziraju iznad nivoa kondenzacije, formira se oblak. Ako na toj visini vlada nestabilna ravnoteža (za zasićeni zrak), razvit će se vertikalan oblak, a u protivnom slučaju oblak horizontalna smjera. Znači, u stabilnoj zračnoj masi postojat će slojevita naoblaka znatno razvučenom bazom ili eventualne gomile oblaka s malom visinom, a u nestabilnoj zračnoj masi prevladavat će gomilasti oblaci, s relativno uzanom bazom, ali vertikalno vrlo razvijeni u vertikalnom smjeru.

Primjer. Zrak koji pri aktivnom sloju ima temperaturu $t_1 = +12°C$ digne se do visine od 4 000 m.

*Traži se* temperatura tog zraka na visini 4 000 m ako je:

a) bio i ostao čitavo vrijeme nezasićen ($t'_2$),

b) bio i ostao čitavo vrijeme zasićen ($t''_2$).

*Rješenje*

ad a) $t'_2 = t_1 - \Delta t;\quad \Delta t = \frac{4\,000}{100} \cdot 1° = 40°\qquad t'_2 = +12°C - 40°C = -28°C$

ad b) $\Delta t = \frac{4\,000}{100} \cdot 0,5 = 20,0°\qquad t''_2 = +12°C - 20,0°C = -8°C.$

**26. Ravnotežna stanja atmosfere.** — Zavisno od vrijednosti termičkog gradijenta, atmosfera se može nalaziti u jednom od tri ravnotežna stanja: u stabilnom, labilnom i indiferentnom.

Stabilna *ravnoteža atmosfere* vlada kada je termički gradijent manji od adijabatskog gradijenta, tj. manji od 1°C na 100 m visinske razlike. Naročita stabilnost vlada kada u atmosferi postoje inverzivni slojevi temperature. U stabilnoj atmosferi mogu nastati slaba horizontalna i vertikalna silazna strujanja, ali se ne mogu pojaviti vertikalna strujanja zraka od Zemljine površine prema visini. Takav slučaj javlja se u anticiklonu (t. 195).

Labilna *ravnoteža atmosfere* vlada kada je termički gradijent veći od adijabatskog gradijenta, tj. veći od 1°C na 100 m visinske razlike. Suprotno od prethodnog slučaja, u labilnoj atmosferi javljaju se vertikalna uzlazna strujanja. Takav slučaj javlja se u ciklonu (depresiji), (t. 188).

Indiferentna *ravnoteža atmosfere* vlada kada je termički gradijent ravan adijabatskom gradijentu, tj. jednak je 1°C na 100 m visinske razlike. Ne postoje uvjeti za bilo kakva zračna strujanja.

## 2. VODENA PARA U ATMOSFERI

**27. Fizička stanja vode.** — Poznato nam je da se voda može nalaziti u jednom od ovih agregatnih stanja: u čvrstom, tekućem i plinovitom. Na temperaturama ispod 0° voda se nalazi u čvrstom stanju (snijeg, krupa, slana i dr.). Između temperatura 0° i 100°C voda može biti u tekućem ili plinovitom (parnom) stanju. Na temperaturi od 100°C voda vri i prelazi u plinovito stanje (vodenu paru).

Procesi vezani za promjenu agregatnog stanja vode jesu: smrzavanje, topljenje i isparavanje. Prijelaz vode iz tekućeg stanja u kruto naziva se smrzavanje. Obratan

proces je topljenje. Prijelaz vode iz tekućeg stanja u plinovito naziva se isparavanje. Obratan proces je kondenzacija. Pri temperaturama ispod 0°C vodena para može direktno prijeći u čvrsto stanje; taj proces zove se sublimacija.

Pri izvršenju tih procesa uvijek se troše ili oslobađaju izvjesne količine toplinske energije, i to pri isparavanju toplina se troši, a pri kondenzaciji oslobađa. Ta skrivena količina topline koja se pri isparavanju troši zove se latentna toplina, a količina topline koja se pri kondenzaciji oslobađa zove se kondenzacijska toplina*.

**28. Isparavanje i kruženje vode.** — Isparavanje se vrši neprestano sa svih vlažnih Zemljinih površina, ali su osnovni izvori vodene pare u zraku: oceani, a zatim mora, jezera i rijeke. *Pod isparavanjem redovno se razumijeva visina vodenog sloja u milimetrima koji je ispario u određeno vrijeme.*

Mjerenjima je ustanovljeno da *količina vodene pare koja ispari s neke vodene površine zavisi od relativne vlažnosti zraka, temperature površine, atmosferskog tlaka i brzine vjetra***. Vodena para je lakša od zraka i vrlo se lako *prenosi u više slojeve atmosfere:* difuzijom, raznim uzlaznim strujanjima i turbulentnim miješanjem, kao i samim tim što je svojstvo svakog plina da se širi u prostoru. Reljef i vegetacija utječu na intenzitet isparavanja kopnenih površina.

Što je *relativna vlažnost* zraka manja, isparavanje je veće, i obratno. Pri istim ostalim uvjetima, isparavanje raste s porastom *temperature*, i obratno. Budući da se pri prijelazu iz tekućeg stanja u plinovito, sva tijela šire, to smanjenje *atmosferskog tlaka* pogoduje prijelazu iz tekućeg stanja u plinovito, i obrnuto (protivi se prijelazu iz plinovitog stanja u kruto)***. Pri tišini relativna vlaga iznad vodene površine brzo raste jer se vodena para, zbog veoma slabe difuzije (kao jedina kočnica prijenosa pare na visinu), prenosi sporo u više slojeve atmosfere. *Vjetar* je drugi važan uzrok prijenosa vodene pare iz prizemnih u više slojeve i iz jednih geografskih širina na druge. On vodenu paru odnosi dalje i na njeno mjesto dolazi manje zasićeni zrak. Tome još pogoduje i turbulencija. Može se uzeti da je brzina isparavanja proporcionalna drugom korijenu iz brzine vjetra. Na isparavanje mnogo utječu stalni vjetrovi (pasati). Isparavanje sa slane površine slabije je nego s površine slatke vode.

*Vodene površine, snijeg i led* različito su raspoređeni po Zemljinoj površini, pa i količina vodene pare iznad pojedinih područja nije svuda ista.

Isparavanje je početna faza kruženja vode u atmosferi. Dio vodene pare u zraku kondenzira se, odnosno sublimira, a drugi dio prenosi se u atmosferu. Posljedica kondenzacije su magle i oblaci koji donose oborine (kiše, snijeg i dr.). Na taj način isparena voda ponovo se vraća na Zemlju i time završava prvi lanac kruženja vode. Proces se i dalje nastavlja istim redom. *Tako voda neprestano kruži sa Zemlje u atmosferu (vodena para) i natrag na Zemlju (oborine).*

Kruženje vode za organski život isto je toliko važno kao i zrak.

**29. Apsolutna i relativna vlaga zraka.** — Vlažnost zraka zapravo je vodena para koja se u većoj ili manjoj mjeri uvijek nalazi u slobodnom zraku. U atmosferi (naročito troposferi) vodena para miješa se sa zrakom i kao svaki drugi plin ponaša se prema Daltonovu zakonu. Prema tome, parcijalni tlak vodene pare u smjesi plinova uvijek je nezavisan od ostalih plinova u zraku.

Količina vodene pare koju sadrži zrak može se izraziti na više načina, npr. naponom ili tlakom vodene pare, apsolutnom vlagom, relativnom vlagom, deficitom zasićenosti i dr.

N a p o n i l i t l a k v o d e n e p a r e. Vodena para ima svoj određeni napon ili tlak, kao i svaki drugi plin, koji se povećava s njezinim sadržajem. U ovom slučaju parcijalni tlak vodene pare može poslužiti kao mjera za sadržaj vode u zraku (kada se ona nalazi u plinovitu stanju). *Napon zasićene vodene pare naziva se maksimalni napon ili maksimalni tlak vodene pare.* Trenutni napon vodene pare obilježava se sa e, a maksimalni napon zasićene vodene pare sa E. Oba ta tlaka izražavaju se u mmHg ili mb, kao i atmosferski tlak. Mogu se uzeti u obzir i količinske vrijednosti vodene pare u 1 $m^3$: maksimalna količina vodene pare (Q) i momentalna količina vodene pare (q). (Na temperaturi rosišta je $E = e$ odnosno $Q = q$, inače do rosišta je $e < E$ odnosno $q < Q$).

A p s o l u t n a v l a g a. Vodena para može se izraziti i njenom težinom. *Količina vodene pare u gramima koju momentalno sadrži 1 $m^3$ zraka naziva se apsolutna vlaga* (q).

Odrediti količinu vodene pare u gramima nije jednostavno, zato se na meteorološkim stanicama tlak vodene pare proračunava u mmHg, i ta vrijednost naziva se apsolutna vlaga, mada to nije isto (izuzevši za $t = 16{,}5°C$).

R e l a t i v n a v l a g a.* Vlažnost zraka može se izraziti i postotno. *Odnos između trenutno postojećeg tlaka vodene pare (e) i maksimalnog tlaka vodene pare (E) pri istoj temperaturi zraka naziva se relativna vlaga* (U). Ona se može definirati i količinskim odnosom, koji postoji između momentalne količine vodene pare (q) i maksimalne količine pare pri zasićenom stanju (Q). Smatramo li da se vodena para u zraku ponaša kao idealni plin, tada su ta dva odnosa približno jednaka.

$$U = \frac{e}{E} \cdot 100\% \quad \text{ili} \quad U = \frac{q}{Q} \cdot 100\%$$

Kada je zrak zasićen vodenom parom, tada je $e = E$, odnosno $q = Q$, i relativna vlaga iznosi 100%. Kada je $e = 0$, odnosno $q = 0$, zrak je potpuno suh. Ako je npr. relativna vlaga 70%, znači da je zasićenost zraka 70% i da zrak može primiti još 30% vodene pare da bi pri trenutnoj temperaturi bio potpuno zasićen.

*Dva jednaka volumena zraka s istom količinom vodene pare, ali s različitom temperaturom, imaju različitu relativnu vlagu. Volumen s nižom temperaturom ima veću relativnu vlagu, i obratno.*

P r i m j e r. Kod temperature $t = +18°C$ zasićen zrak sadrži 15,4 g/$m^3$ vodene pare (Q). Momentalna količina vodene pare (q) za tu temperaturu neka iznosi 7,7 g/$m^3$. Koliko iznosi relativna vlaga?

***Rješenje***

$$U = \frac{q}{Q} \cdot 100\% = \frac{7{,}7}{15{,}4} = 50\%$$

Znači, zrak sadrži tačno polovicu vodene pare od količine koju bi sadržao pri potpunom zasićenju za $t = +18°C$.

D e f i c i t z a s i ć e n o s t i. Deficit zasićenosti pokazuje koliko zraku nedostaje vodene pare pa da pri datoj temperaturi bude zasićen. Izražava se u mmHg ili g/$m^3$. Dat je razlikom odnosnih veličina:

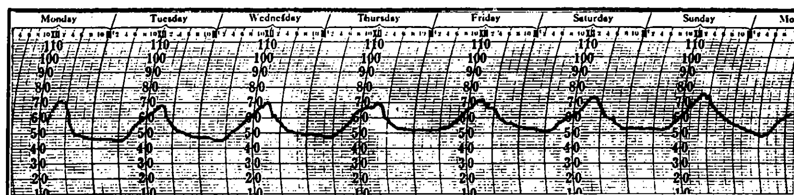
$$D = E - e \quad \text{ili} \quad D = Q - q$$

* Pri isparavanju troši se oko 600 g-cal topline za 1 g isparene vode, a ista količina topline oslobađa se pri kondenzaciji 1 g vode. Pri smrzavanju 1 g vode oslobodi se oko 80 g-cal topline, a ista količina topline utroši se pri otapanju 1 g leda.

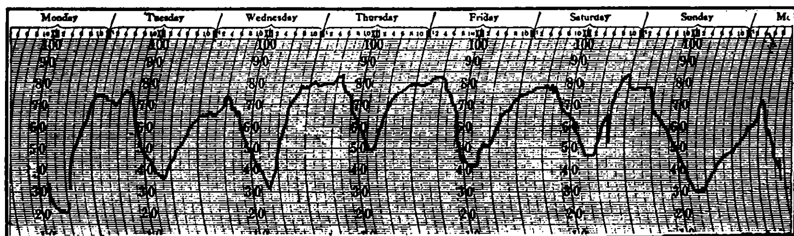
** Povežite s Daltonovim zakonom.

*** Povežite s Boyle-Mariotteovim zakonom.

* Vidi tabl. 60. i 61. u Nautičkim tablicama, izd. HI — JRM.




(a)




(b)

*Sl. 5. Uspoređenje termograma i higrograma*
a) termogram; b) higrogram

Iz prije iznijetog može se vidjeti da je najvažnija karakteristika vodene pare u tome što je ona funkcija temperature zraka. Određena zapremina zraka pri istoj temperaturi može u sebe primiti samo određenu količinu vodene pare. Što je temperatura zraka veća, on postaje rjeđi i može u sebe primiti veću količinu vodene pare.

*Zavisno od stanja temperature, vodena para može se pretvoriti iz jednog agregatnog stanja u drugo.* Zgusnute količine vodene pare (magle, oblaci) može zrak upiti ako mu se temperatura povisi, i obratno, upijena vodena para u zraku može postati vidljiva (oblaci, magla) ako se temperatura zraka snizi.

*Za pomorstvo je važnije poznavati relativnu vlagu, pa se drugi načini označivanja vlažnosti zraka ne primjenjuju na brodu.*

Za neposredno mjerenje količine relativne vlage u zraku služe nam higrometar (t. 139) i higrograf (t. 141), a za posredno mjerenje psikrometar (t. 136 i 137). Higrometar pokazuje momentalnu količinu relativne vlage, a higrograf registrira promjene relativne vlage kroz duži period — obično jedan tjedan.

R o s i š t e. U praksi je potrebno znati do koje najniže temperature se može hladiti zrak (neke prostorije) da bi nastupila zasićenost zraka vodenom parom, ali ne i kondenzacija. *Najniža temperatura do koje se zrak uz stalan tlak može ohladiti, a da u njemu ne dođe do kondenzacije vodene pare zove se tačka rosišta ili rosište.*

Ako je relativna vlaga 100%, tačka rosišta odgovara temperaturi zraka; inače je temperatura zraka uvijek niža od rosišta. Ako temperatura zraka padne ispod rosišta, dio vodene pare se kondenzira u formi kapljica vode ili ledenih kristala zavisno od toga da li je temperatura rosišta bila iznad 0°C ili ispod.

Tačka rosišta se određuje pomoću psikrometra i psikrometrijskih tablica kako to pokazuje primjer u t. 137.



Poznavanje tačke rosišta omogućava prognozu mraza, prognozu magle, karakteriziranje zračne mase u kojoj se nalazimo i sl. Za brodska skladišta u kojima se nalazi teret koji se može oštetiti nastalom kondenzacijom, kontrola temperature i poznavanje tačke rosišta je od posebnog značaja.

Ako u zatvorenim brodskim skladištima s teretom ne dođe do sniženja temperature, postojeća količina vodene pare u zraku ne može izazvati kondenzaciju. Međutim, za vrijeme plovidbe, a naročito pri oceanskim putovanjima, klimatski uvjeti se mijenjaju. Kada brod plovi kroz područja s nižom temperaturom od one koja je vladala za vrijeme krcanja tereta, dolazi do hlađenja njegova trupa i zraka u unutrašnjosti. To hlađenje zraka može postati toliko da dođe do kondenzacije vodene pare koju zrak ima u sebi. *Ventiliranjem brodskih skladišta može se u izvjesnim slučajevima izbjeći pojava kondenzacije.* Odluku o tome treba donijeti nakon pažljivog ispitivanja temperature zraka i tačke rosišta u unutrašnjosti i izvan broda. *Načelno, ventiliranje se preporučuje kada je temperatura zraka u unutrašnjosti veća od tačke rosišta vanjskog zraka, ali ne i u obrnutom slučaju.*

**30. Dnevne i godišnje promjene u vlažnosti zraka.** — Količina vodene pare koja se nalazi u zraku prvenstveno zavisi od temperature zraka i s njom je u pravom odnosu, a zavisi još i od geografske širine, nadmorske visine, podloge i sl.

D n e v n e p r o m j e n e *relativne vlage* u normalnim uvjetima suprotne su promjenama temperature zraka. Maksimum vlažnosti redovno se javlja rano ujutro, kada je temperatura zraka minimalna (oko 05.00 sati), a minimum poslije podne, za vrijeme maksimalne temperature zraka (oko 15.00 i 16.00 sati). Dnevna amplituda relativne vlage zraka iznad kopna znatno je veća nego iznad mora (oceana).

Što se tiče dnevnih promjena tlaka vodene pare i apsolutne vlage, on je različit prema tome je li podloga kopno ili voda. Nad oceanima (morima) njihove dnevne promjene sve su slične dnevnim promjenama temperature zraka. Voda neprestano isparava s površine mora pa je zrak gotovo uvijek zasićen vodenom parom. Iznad kopna slična pojava je u toku zimskih mjeseci, kada su dnevne promjene temperature minimalne. Međutim, u ljetnim mjesecima nad kontinentom, u srednjim geografskim širinama, tlak vodene pare i apsolutna vlaga imaju u toku 24 sata dva minimuma (oko 04.00 i 15.00 sati) i dva maksimuma (oko 09.00 i 21.00 sati). Drugi minimum je posljedica konvektivnih strujanja (termičkog karaktera). One navečer prestaju pa zbog toga se javlja drugi maksimum tlaka vodene pare.

G o d i š n j e p r o m j e n e *relativne vlage* također su suprotne godišnjim promjenama temperature: minimum vlažnosti zraka je ljeti, a maksimum zimi (to nastaje zbog niske temperature zraka zimi iako tada u zraku ima manje vodene pare nego ljeti). Iznimku čine mjesta u području monsuna, gdje je relativna vlaga ljeti (vjetar puše s mora) veća nego zimi (vjetar puše s kontinenta). Te su promjene nepravilnije od dnevnih. U nekim područjima koja su ljeti kišovita, a zimi pod vedrim nebom, maksimalna relativna vlaga javlja se u topla godišnja doba, a minimalna u hladna.

*Najveća relativna vlaga opaža se u tropima na oceanu (srednja oko 90%), a najniža u pustinjama (srednja oko 30%).*

*Najmanja apsolutna vlaga i najmanji tlak vodene pare obično su u najhladnijem mjesecu, a najveći su u najtoplijem mjesecu godine.* Te promjene uglavnom zavise od godišnjih promjena temperature zraka.

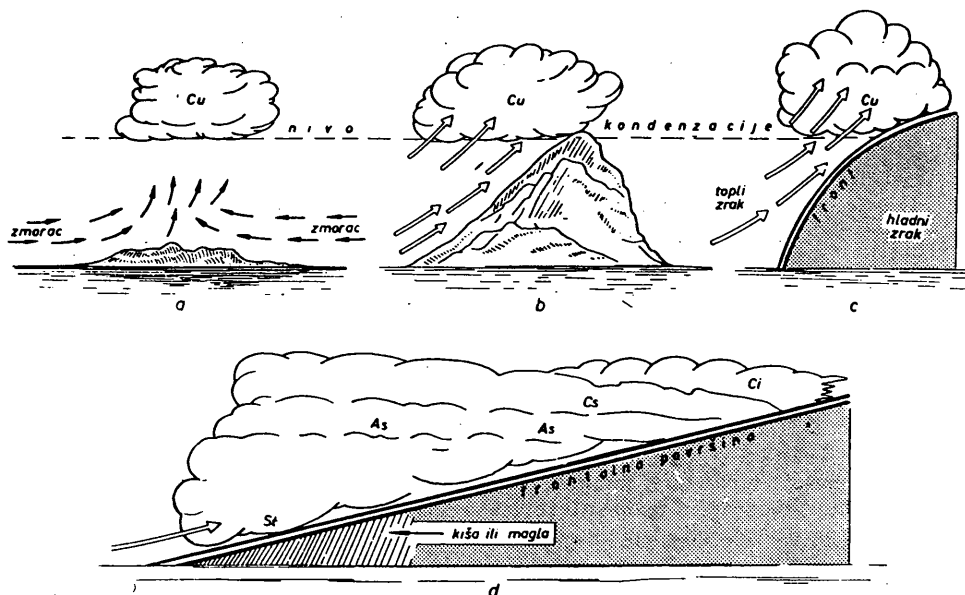
## 3. OBLACI

**31. Općenito — definicija i postanak oblaka.** — *Oblak je vidljiv skup sitnih čestica vode ili kristala leda koje lebde u zraku.* Može sadržati i čestice dima i prašine. Kapljice vode i kristali leda toliko su sitni da ih i najslabije uzlazno strujanje zadržava u atmosferi. Padaju na Zemlju u obliku oborina tek kada toliko otežaju da mogu svladati otpor zraka. Po svom fizičkom sastavu oblak i magla slične su pojave. Razlika je samo u visini postanka i veličini kapljica. Oblaci se javljaju na visinama, a magla u prizemnim slojevim zraka.

Promatranjima je ustanovljeno da se oblaci uglavnom nalaze na visinama do 18 km u tropskim širinama, do 13 km u umjerenim širinama i do 8 km u polarnim širinama.

*Oblak nastaje uzlaznim strujanjima zraka (t. 92), koja uglavnom uzrokuju konvekcija, utjecaj frontova (kosa strujanja), utjecaj orografskih prepreka (orografski oblaci), konvergencija zračnih strujanja i sl.* (sl. 6).

Ostali načini postanka oblaka slični su načinima postanka magle (t. 58—59).



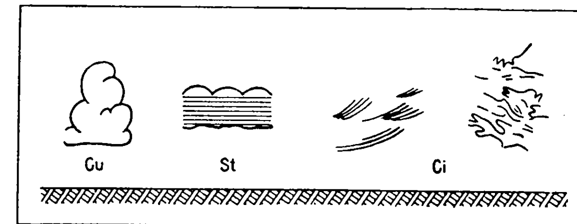

*Sl. 6. Postanak oblaka*

a) lokalnim zagrijavanjem, odnosno direktnom konvekcijom ili konvergentnim strujanjem; b) uzdizanjem toplog zraka uz planinu; c) uzdizanjem toplog zraka uz strmi klin hladnog zraka; d) uzdizanjem toplog zraka uz blagi klin hladnog zraka



*Sl. 7. a Izgled osnovnih oblaka*

Cu — Cumulus
St — Stratus
Ci — Cirrus




Zrak koji se iz nižih slojeva uzdiže u više slojeve troposfere počinje se i sam razrjeđivati, tj. adijabatski širiti. Posljedica toga je smanjenje njegove temperature i kondenzacija vodene pare, tj. nastanak oblaka. *Koja će vrsta oblaka nastati, zavisi od visine nivoa kondenzacije i uzroka konvektivnog strujanja.* Vrlo snažne uzlazne struje i adijabatski procesi u njima čine da konvektivni oblaci daju obilne i jake oborine.

*Oblici oblaka, kao i njihove dimenzije, zavise od procesa koji su ih izazvali.* Po obliku odnosno vanjskom izgledu imamo ove osnovne oblake (sl. 7a): slojevite (Stratus), gomilaste (Cumulus) i kovrčasto-vlaknaste (Cirrus)*. Između tih osnovnih oblaka postoje još i oblaci prijelaznih oblika. Prema obliku oblaka može se odrediti vrsta strujanja na visini. Jednolični i slojeviti oblaci znače da je proces kondenzacije nastao bez znatnijih strujanja. Gomilasti oblaci upozoravaju da u atmosferi postoje jaka uzlazna strujanja. Oblaci rastrgana oblika (nazvani fracto) pokazuju da u atmosferi vladaju jaka turbulentna strojanja zraka (npr. fractocumulus, fractostratus i sl.).

*Fizička struktura oblaka* zavisi od gradnje čestica (kapljice vode, iglice leda, snježni kristali, grad i sl.), te od oblika i veličine tih čestica u jedinici zapremine, tj. od gustoće oblaka.

*Boja oblaka,* osim od jakosti i boje prolazećih svjetlosnih zraka, zavisi od oblika i strukture oblaka. Kada je Sunce dovoljno visoko, oblaci koje ono osvjetljava bijeli su ili sivi, a oni koje osvjetljava samo nebesko plavetnilo su sivoplavkasti. Kada je Sunce blizu horizonta, oblaci na srednjim visinama pokazuju narančaste do crvene boje, a oni koji su nisko, u Zemljinoj sjeni, sivu boju.

**32. Klasifikacija oblaka.** — Oblaci su u neprestanom razvoju. Međutim, moguće je izdvojiti određeni broj karakterističnih oblaka koji se međusobno isključuju i na taj način postaviti njihovu klasifikaciju.

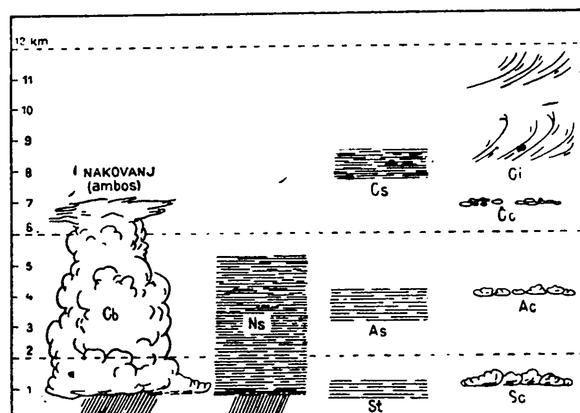
Kao osnova suvremene međunarodne klasifikacije oblaka uzeta je podjela oblaka prema njihovu obliku, horizontalnim i vertikalnim dimenzijama, boji i sjaju, fizičkoj strukturi i načinu stvaranja, međusobnom položaju i sl., a posebno prema visini na kojoj se oni pretežno javljaju. Ti elementi ujedno su i glavni faktori koji se uzimaju u obzir pri opisu izgleda nekog oblaka.

---

* Nazivi oblaka sastavljeni su od latinskih riječi.

*Sl. 7. b Raspored oblaka po visini*

Ci — Cirrus
Cc — Cirrocumulus
Cs — Cirrostratus
Ac — Altocumulus
As — Altostratus
Ns — Nimbostratus
Sc — Stratocumulus
St — Stratus
Cu — Cumulus
Cb — Cumulonibus




U Međunarodnom atlasu oblaka (Vol. I), koji je izdala Svjetska meteorološka organizacija, oblaci su klasificirani na rodove (10 grupa), vrste (26 grupa) i podvrste (31 grupa).

Prema karakterističnim oblicima i visinama oblaci su razvrstani u *rodove*, u kojima se javljaju četiri osnovne vrste. *Vrste* ističu pojedinosti u oblicima i razlike u strukturi, a *podvrste* razlikuju posebne karakteristike u poretku elemenata i većoj ili manjoj prozirnosti niskih i srednjih oblaka (translucidus = svjetao, opacus = taman i dr.). Tipične izglede tih oblaka prikazuju slike i sheme na str. 35—41 i 127—129.

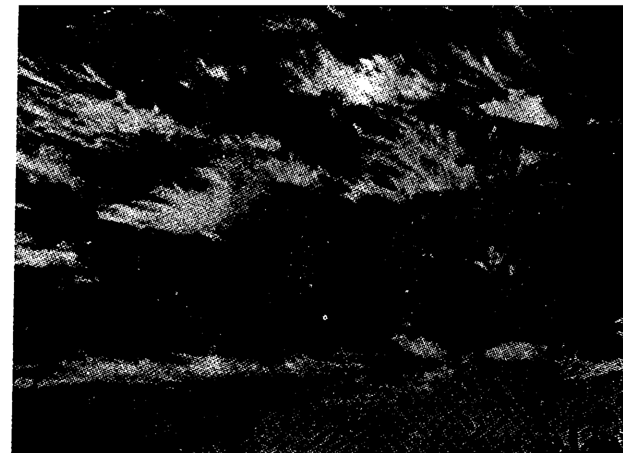
Iznijeti rodovi oblaka nalaze se na raznim visinama, pa se na osnovi toga dijele na visoke, srednje i niske oblake. U ove posljednje posebno se izdvajaju oblaci vertikalna razvitka s bazom na oko 500 m visine, ali svojom visinom mogu doseći i najviše oblake.

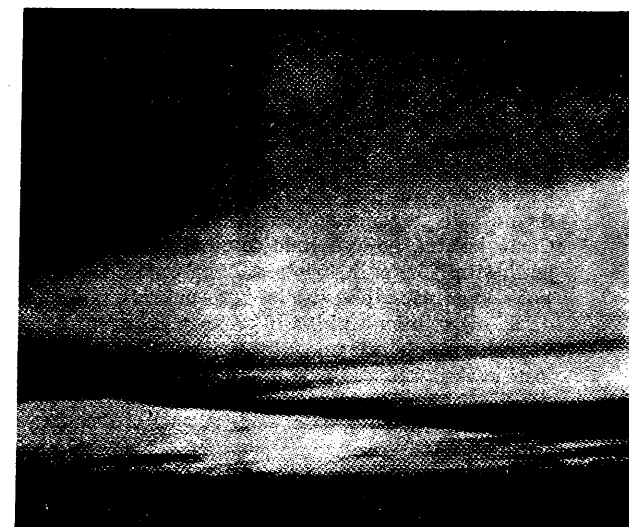
U slijedećoj tablici rodovi su poredani po katovima troposfere i opadajućem redu *visina njihove najčešće pojave u umjerenim geografskim širinama.*

| Katovi | Visoki oblaci (iznad 6 000 m) | | Srednji oblaci (2 000—6 000 m) | | Niski oblaci (od Zemlje do 2 000 m) | | Oblaci vertikalna razvitka (od 500 m naviše) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rodovi | Skraćeno | Simbol | Skraćeno | Simbol | Skraćeno | Simbol | Skraćeno | Simbol |
| | Ci | | Ac | | Sc | | (Cu) | |
| | Cc | | (As) | | | | | |
| | Cs | | (Ns) | | St | - - - | (Cb) | |
| Napomena. Oznake u zagradama označavaju da ti oblaci (zavisno od njihova razvitka) mogu prijeći i u druge katove (↑ ili ↕). | | | | | | | | |



**33. Visoki oblaci.** — Na visinama iznad 6 000 m ima malo vodene pare, pa i malo proizvoda kondenzacije. Zbog toga se visoki oblaci sastoje od ledenih kristala (iglica), a po izgledu su rijetka magla. Ostali rodovi oblaka mogu biti sastavljeni od kapljica vode i pri temperaturi ispod nule, što kod ovih oblaka ne može biti. To su pojedinačni tanki i laki oblaci, najčešće vlaknaste ili kovrčaste strukture i bez sjene, pa su zbog toga redovno i bijele boje. Ujutro bivaju osvijetljeni ranije od ostalih oblaka. Ne umanjuju Sunčevu svjetlost, niti daju sjene na Zemlju. Na veoma plavom nebu, naročito na strani Sunca, njihov izgled i detalji često se mogu opaziti samo pomoću metaliziranih naočala.







*Sl. 8. Visoki oblaci*

a) Cirrus (runjavac) (gornja slika)

b) Cirrostratus (runjavi vitrak) (srednja slika)

c) Cirrocumulus (runjavi vitrak) (donja slika)

To su jedini oblaci koji mogu izazvati optičku pojavu halo, kad su sastavljeni od sitnih pravilnih ledenih kristala. Ta je pojava nesumnjivo dokaz postojanja visokih oblaka. Takvi oblaci ne daju oborine (sl. 8a—c).

C i r r u s (Ci) — *runjavac** (sl. 8a) — razbacani su oblaci u obliku tankih i nježnih bijelih vlakanaca, banaka ili pruga. Nemaju vlastite sjene. Zbog njihove male širine i zato što su sastavljeni od ledenih kristala nepravilna oblika, pojava halo nikad nije potpuna. Po načinu postanka spadaju u red stabilnih oblaka.

Pri zalasku Sunca imaju žutkastu boju, po zalasku narančastu, pa rumeno-crvenu, dok sasvim ne posive.

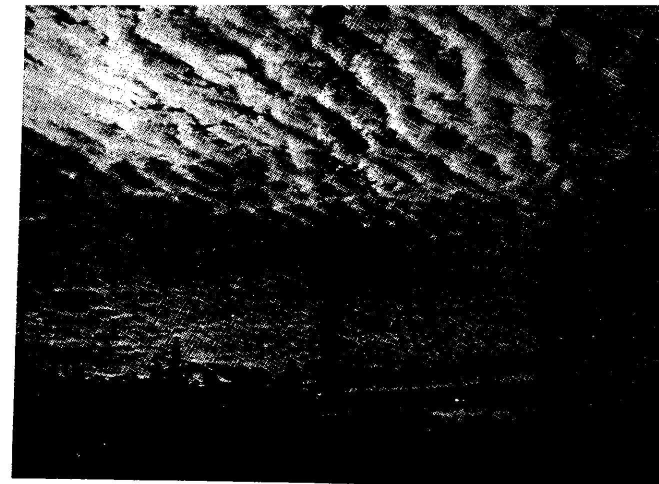
Pojava Ci-oblaka na nekom dijelu neba najavljuju depresiju u tom smjeru, a smjer njihova kretanja pokazuje smjer kretanja depresije.

Takvi oblaci dolaze pretežno sa zapada ili se pojavljuju na vedrom nebu i ponovo nestanu. Imaju najznačajniju ulogu u predskazivanju vjetra i vremena uopće. Pramenasti Cirrusi redovito su predznak lošeg vremena, koje kod nas nastupa za 1—2 dana. Cirrusi koji se brzo kreću sigurno najavljuju loše vrijeme. Mirni Cirrusi su oblaci lijepa odnosno stabilna vremena.

C i r r o s t r a t u s (Cs) — *runjavi vitrak* (sl. 8b) — providan je bjelkast oblačni veo zamršena vlaknasta ili glatka izgleda, koji kao tanka mliječna koprena pokriva nebo, ali ne slabi Sunčev sjaj. Pojavljuje se poslije Ci-oblaka, a lebdi oko 1 km niže od njih. Jasno se zapaža oblik Sunca ili Mjeseca. Smatra se da nastaje degeneracijom Ci-oblaka i Cc-oblaka, s kojima se uvijek i nalazi. Često izaziva pojavu halo fotometeora, jer se sastoji od gotovo potpuno razvijenih sitnih ledenih kristala. Zbog toga on spada u red stabilnih oblaka. Obično, počevši sa zapadnog dijela, brzo pokriva cijelo nebo, ali je često i rastrgan tako da se mjestimično vidi i nebesko plavetnilo. Njemu često sliči mliječna koprena visinske magle, ali ona ne daje pojavu halo. Dakle, postojanje tih pojava svjetlosti svakako je znak da na nebu ima Cs-oblaka. To je naročito važno noću, kad se oblaci ne mogu vidjeti, pa je kruna odnosno vijenac oko Mjeseca jedini dokaz njihova postojanja. Pojava Cs-oblaka redovno najavljuje skoro pogoršanje vremena.

C i r r o c u m u l u s (Cc) — *runjavi humnjak* (sl. 8c) — to su lanci, slojevi ili nizovi manjih snježnobijelih kuglastih grumena, obično bez sjene. Javljaju se na rubovima oblaka Cirrus, i to u skupinama koje sliče na stada ovaca, pa ih narod i naziva »ovčice«. Smatra se da nastaju degeneracijom Ci-oblaka i Cs-oblaka, s kojima se uvijek i nalaze. Zbog toga i oni spadaju u red stabilnih oblaka. Između njih i visokih Altocumulusa postoji velika sličnost. Međutim, Altocumulus nikada ne izaziva halo. Izgled im se vrlo brzo mijenja, što dokazuje veliku brzinu vjetra na visini njihova stvaranja. Predskazuju jačanje vjetra i u nižim slojevima troposfere.

**34. Srednji oblaci.** — Uglavnom su to oblaci sastavljeni od veoma sitnih kapljica vode, a pri nižim temperaturama i od samih sniježnih kristala ili malih prohlađenih kapljica vode. Oborine (snijeg) koje iz njih padaju dosežu Zemljinu



*Sl. 9. a Srednji oblaci Altocumulus*
(visoki humnjak)

površinu samo zimi. Iz tog razloga ti oblaci ne mogu izazvati halo, ali je za njih karakteristična pojava kruga oko Sunca ili mjeseca i sedefast sjaj rubova oblaka, koji nazivamo irizacija. Oblake ovog roda sačinjavaju Alto-oblaci (sl. 9a—b).

A l t o c u m u l u s (Ac) — *visoki humnjak* (sl. 9a) — čest je oblačni sloj bijelih ili sivih oblaka. Sastavljen je od krupnijih debljih grumena, ili od manjih i tankih okruglastih ploča (kao krupne ovčice) sa sjenama, koji se nalaze na okupu ili u usporednim brazdama i nebu daju valovit izgled. Ova vrsta oblaka redovno nastaje lokalnim orografskim dizanjem vlažnog zraka. Tanki stupovi tih skupina često su sedefasta sjaja, što je karakteristično za ovu vrstu oblaka. Oko Sunca i Mjeseca česta je pojava kruga, boje Sunčeva spektra, s crvenom bojom unutra, a zelenom izvana. Taj krug pojavljuje se i kod Sc-oblaka, ali ako se pri tom kroz oblak naziru Sunce odnosno Mjesec, to je sigurno Ac-oblak. Kada je Ac-oblak blizu horizonta, on sliči As-oblaku, inače Ac-oblaci i As-oblaci stoje jedni pokraj drugih. Ac-oblak je stabilan, ne daje oborine.

Ac-oblaci nastaju transformacijom As-oblaka, i obratno, a javljaju se od visine Cc-oblaka do visine Sc-oblaka. Razlika između Ac-oblaka i Cc-oblaka već je objašnjena, a razlika između Ac-oblaka i Cs-oblaka u tome je što su dijelovi Ac-oblaka mnogo manji i ispod Cs-oblaka. Na visinama atmosfera je obično mutna, a ponekad se prema Zemlji spušta prugasti plašt u obliku jedra (virga), koji se sastoji od sitnih kapljica, ali on ispari već u gornjim slojevima, pa ne daje oborine.

Ac-oblak pokazuje da postoji jak vjetar na visini, pa služi kao predznak jačanja vjetra i u nižim slojevima troposfere. Kao posljedica stvaraju se oblaci malih dimenzija u obliku leće ili cigarete.



*Sl. 9. b Srednji oblaci — Altostratus* (visoki vitrak)

* Nazivi oblaka na našem jeziku uzeti su iz knjižice inž. E. Markija »Vrijeme«, Split, 1950. g.

Altostratus (As) — *visoki vitrak* (sl. 9b) — jest više ili manje gusta, sivkasta oblačna koprena, vlaknaste i prugaste strukture, sastavljena od vrlo sitnih vodenih kapljica (magle) ili snježnih pahuljica, odnosno kombinacija jednih i drugih. Po svom postanku spada u labilne oblake. Obično se javlja pošto se nebo zastrlo Cs-oblacima, pa on i izgleda kao gušći Cs-oblak. Upravo zbog toga je i tamniji, a u blizini Sunca i Mjeseca se svijetli, pa se oni vide samo kao svijetle mrlje. On zastire oblake Ci i Cs jer lebdi mnogo niže od njih. Dok oblaci Ci i Cs ne daju nikada oborine, As-oblak ljeti daje neznatnu kišu, a zimi snijeg. Ponekad takva oborina ispari prije nego stigne na Zemlju, pa se tada vide sivi prameni koji vise ispod oblaka. Sličan je Cs-oblaku, ali se na njemu ne pojavljuje halo kao ni jedro. Kišni As-oblak razlikuje se od Ns-oblaka po tome što je ovaj drugi mračniji.

Oblaci Ci, Cs i As obično se javljaju jedan za drugim kada se vrijeme pogoršava.

**35. Niski oblaci.** — Nemaju zajedničkog imena. U vrsti oblaka koja se proteže od Zemljine površine do 2 000 m visine ipak pretežu oblaci Stratus (St), a u oblacima vertikalna razvitka, od 500 m do 2 000 m, oblaci Cumulus (Cu) (sl. 10. a—c).

Nimbostratus (Ns) — *kišni vitrak* (sl. 10a) — gust je tamnosivi oblačni sloj koji daje nebu tmuran izgled i donosi oborine. Nema nikada vlaknasti sastav ni svijetle dijelove. Kroz taj oblak uopće se ne vidi ni Sunce ni Mjesec. Ako iz njega padaju oborine, onda je to trajna kiša i snijeg. Ponekad te oborine ne dospijevaju do Zemlje, pa je njegova donja površina prekrivena jedrom. Prije nastupa tog oblaka obično se javlja As-oblak, koji se prividno spušta dok ne postane Ns-oblak i tek tada počinju oborine. Nimbostratusi su tipični oblaci ružna vremena. I ovaj rod oblaka, kao i As, spada u labilne oblake.

*Općenito vrijedi da iz »tankih« oblaka ne pada oborina ili samo neznatna; ona pada samo iz »debela« oblaka.*

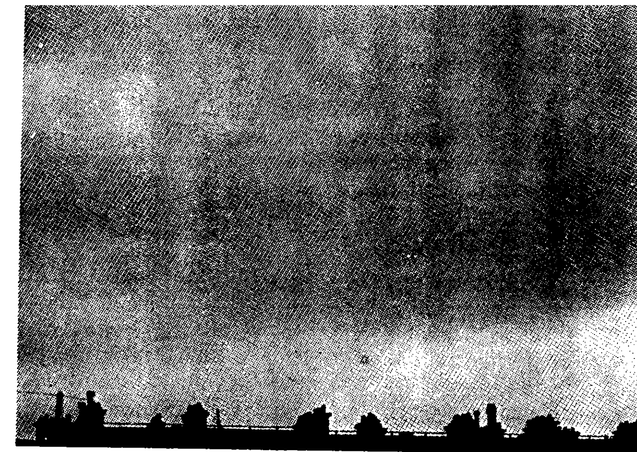
Stratocumulus (Sc) — *vitrasti humnjak* (sl. 10b) — obično su grumeni ili valjkasti oblaci ili ploče nepravilna oblika, koje često podsjećaju na šljunak. Kad ima više takvih oblaka, oni izgledaju kao gusta siva masa koja je podijeljena u nepravilne i nejednake komade. Razlikuje se prozračni i neprozračni Sc-oblak. Oni mogu biti slični Ac-oblacima, a često se preobraze u Ns-oblake (kad su neprozračni i razdvojeni). Pojavljuju se u svako doba dana, nad morem i kopnom, ali ne daju oborine.

Stratus (St) — *vitrak* (sl. 10c)) — obično je lokalan oblak nad dolinama planinskih krajeva. Javlja se češće u hladno doba godine i noću više nego danju*. Sačinjava jednoličan tanji oblačni sloj sive boje, sličan magli, ali ne leži na Zemljinoj površini, već lebdi na visini od nekoliko stotina metara, pa se često naziva visoka magla. Sastoji se od sitnih kapljica pomiješanih s nešto krupnijim kapljicama vode, pa se zbog toga smatraju koloidno-slabolabilnim oblacima. Može se zamijeniti Ns-oblakom, naročito zimi; razlikuje se od Ns-oblaka po tome što je Ns-oblak mutan, a St-oblak bistriji. Ns-oblak daje obilnu kišu i snijeg, a St-oblak daje samo sitnu kišu (rosulju). U te oblake spadaju i oni raskidani oblačići što se za vlažna vremena pojavljuju iznad obronaka planina, ali se ne smiju zamijeniti orografskim oblacima.

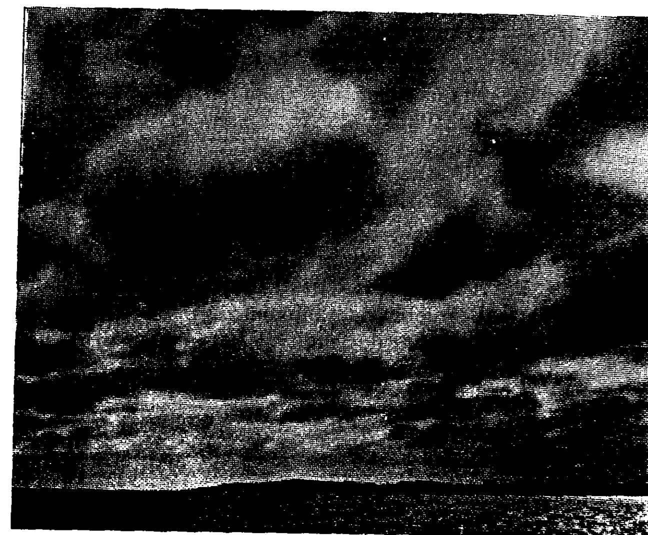
* U Boki Kotorskoj, uz Velebit i Biokovo može se iz daljine dobro opaziti njihov postanak ujutro i nestanak u toku dana.



*Sl. 10. Niski oblaci*



a) Nimbostartus (kišni vitrak)



b) Stratocumulus (vitrasti humnjak)



c) Stratus (vitrak)

**36. Oblaci vertikalna razvitka.** — Nastaju kada se mase vlažna zraka kompaktno dižu u visinu i zbog naglog širenja ohlađuju. To dizanje u visinu može biti termičkog porijekla, zbog dnevnog zagrijavanja, ili dinamičkog porijekla, kao posljedica uzlaznih strujanja toplijeg zraka, koji u visinu potiskuje struja hladnijeg zraka (hladan front). Tu spadaju dva roda tih oblaka: Cu-oblaci i Cb-oblaci (sl. 11a — e).

C u m u l u s (Cu) — *humnjak* (sl. 11a) — javlja se s bijelim gomilama razdvojenih gustih oblaka, kojima je gornja površina izbočena poput vrhova kupola ili tornjeva, a dolje završavaju s vodoravnom plohom. Glave su im svijetle, a donje plohe tamnosive. Kad ih Sunce obasjava, izgledaju veoma plastično, što je značajno za njihovo raspoznavanje. Obično su homogeni i u svim dijelovima zaokruženi. Gornji dijelovi su im svijetli sa sjenama, a donje plohe tamne. Pravi Cu-oblaci značajni su kao znaci lijepog vremena i tada su niski bez kupola ili izbočina. To su prilično stabilni oblaci iako nastaju zbog adijabatskog širenja zraka. Javljaju se već ujutro, rastu i množe se u toku dana, nakon zalaska Sunca preobražavaju se u Sc-oblake i Ac-oblake, a noću nestaju. Ostaju li u toku noći, pogotovu ako se kreću, tada ne pripadaju lijepom vremenu.

Cu-oblak redovito se javlja i razvija u nestabilnoj atmosferi nad vlažnim i ugrijanim tlom, većinom u kasnom proljeću, a malokad zimi. Sastoji se od vodenih kapljica, koje često sipe i isparavaju. Zbog toga neki imaju ravnu osnovicu. U stanovitim okolnostima uzdignuti Cu-oblak, koji ima oblik cvjetače, razvija se u oblak nevere, tj. u Cb-oblak. Taj se oblak razlikuje od običnog Cu-oblaka jer su mu gornji grumeni izgubili oblinu i poprimili oblik Cs-oblaka ili Ci-oblaka. Baza mu nije oštro omeđena te podsjeća na Ns-oblak.

Pravi Cu-oblak ne nastaje niti se zadržava nad morskom površinom. Upravo zbog toga on lebdi nad kopnom i nad većim otocima. Njihova pojava nad otocima pokazuje položaj dotičnih otoka i mogu služiti za orijentaciju pri približavanju obali s otvorena mora.

C u m u l o n i m b u s (Cb) — *humnjak kišnik* (sl. 11b — c) — sačinjava impozantne guste oblačne gomile sa znatnim vertikalnim prostiranjem poput brda ili kula, s »kapom« oblika nakovnja ili gljive. Gornji dio tog oblaka, sastavljen od ledenih kristala, sličan je Cu-oblaku. Donji dijelovi su od sitnih kapljica i sliče Ns-oblaku, ispod kojeg se uvijek zapaža jedro. To je olujni oblak koji daje jake pljuskove kiše ili snijega, a ponekad i grad ili sugradicu, obično popraćene sijevanjem i grmljavinom. Zbog toga se često i naziva neverin oblak. Pojava kape i jedra, kao i sijevanje i grmljavina, siguran su znak za raspoznavanje tog oblaka. Debljina dobro razvijenog Cb-oblaka može dostići do 4 000 m, i više. Spada u red koloidno-labilnih oblaka.

**37. Orografski oblaci.** — Mogu se formirati u zračnoj struji koja prelazi preko brda, izolirane planine ili planinskog vijenca; leže ispod vrhova prepreke, na njima ili ispod njih. Ti oblaci najčešće pripadaju rodovima Ac-oblaka, Sc-oblaka i Cu-oblaka (sl. 9b).

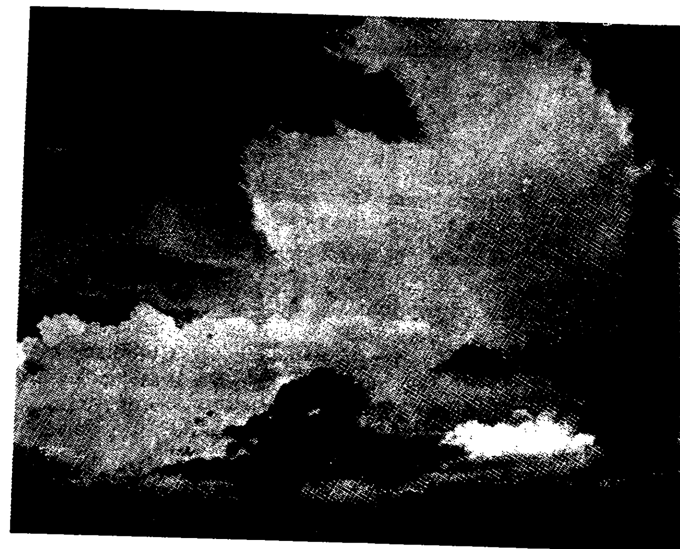
Budući da su vezani za reljef zemljišta, ti oblaci, kao cjelina, uglavnom se ne kreću, ili vrlo lagano, unatoč tome što vjetar na nivou oblaka može biti vrlo jak. U izvjesnim slučajevima brzina vjetra određuje se prema kretanju uočljivih dijelova oblaka, koji se premještaju od jednog do drugog oboda oblaka.



*Sl. 11. Oblaci vertikalnog razvitka*



a) Cumulus (humnjak)



b) Cumulonimbus (humnjak kišnik)



c) Cumulonimbus s visećim protuberancama (mamma)

**38. Specijalni oblaci.** — U te oblake spadaju sedefasti oblaci, noćni svijetleći oblaci, tragovi kondenzacije, oblaci požara i oblaci vulkanskih erupcija.

*Sedefasti oblaci* slični su Ci-oblacima ili Ac-oblacima. Oblika su leće, s istaknutom irizacijom, slično kao u sedefa. Rijetki su, najviše se javljaju u sjevernim krajevima Evrope i Sjeverne Amerike.

*Noćni svijetleći oblaci* sliče finim Ci-oblacima, ali su boje plavičaste ili srebrnaste, a ponekad narančaste ili crvene. I ti se oblaci najviše opažaju u sjevernim područjima.

*Tragovi kondenzacije* su oblaci koji nastaju iza zrakoplova kada je atmosfera, na visini letenja, dovoljno hladna. Glavni je činilac u formiranju tragova kondenzacije rashlađivanje plinova koje zrakoplovni motor izbacuje, a koji zbog izgaranja pogonskog goriva sadrže veliku količinu vodene pare.

*Oblaci požara* su proizvodi izgaranja koje nastaje od velikih požara. Od ostalih oblaka razlikuju se brzinom razvitka i tamnom bojom.

*Oblaci vulkanskih erupcija* sliče, uglavnom, na vrlo razvijene kumulusne oblake s protuberancama koje brzo rastu. Sastoje se uglavnom od čestica prašine ili drugih čvrstih čestica različitih dimenzija.

**39. Geografska raspodjela naoblake.** — Problem dnevnog i godišnjeg hoda i geografske raspodjele pojedinih oblačnih rodova nije još dovoljno proučen, pa se zato iznose samo podaci o općoj raspodjeli naoblake, tj. o općoj količini naoblake, na nebu.

*Raspored naoblake na posebnim kartama prikazuje se crtama koje spajaju sva mjesta s istim stupnjem naoblake. Te crte zovu se izonefe.*

Najmanje naoblaka javlja se u područjima između 30° sjeverne odnosno 30° južne geografske širine i ekvatorijalne zone. Naročito je mala naoblaka nad kontinentalnim dijelom tog područja. U ekvatorijalnoj zoni, u kojoj nastaje kondenzacija vodene pare zbog lokalnih strujanja, i kao posljedica pasata, naoblaka je relativno velika, a prevladavaju Cb-oblaci. Od 30° N i S geografske širine prema polovima naoblaka se povećava s maksimalnim vrijednostima oko geografske širine 70° N i S (naročito sjeverni Atlantik). Od tog područja do polova naoblaka opada i tamo prevladavaju niski oblaci iz roda Stratusa.

## 4. METEORI

### (1) Općenito

**40. Pojam meteora.** — *Meteor je pojava koja se opaža u atmosferi ili na Zemljinoj površini, a nije oblak (npr. oborine, naslaga krutih i tekućih čestica vode i sl.).* Može biti optičke ili električne prirode. Prema međunarodnoj podjeli meteori se *razvrstavaju u četiri skupine:* hidrometeori, litometeori, fotometeori i elektrometeori*.

### (2) Hidrometeori

**41. Općenito.** — Hidrometeor je vrsta meteora poznatih još i pod nazivom oborine. Sastoji se od skupa tekućih ili krutih vodenih čestica koje padaju ili lebde u troposferi, ili su nošene vjetrom sa Zemljine površine, ili su natoložene na predmetima na tlu

* Definicije meteora navedene su prema Međunarodnom atlasu oblaka, izdanja Svjetske meteorološke organizacije.



ili u slobodnoj atmosferi. Oborine se luče uvijek kada se vlažan zrak ohladi ispod tačke rosišta. Ako je uz to temperatura zraka do 0°C, padaju tekuće oborine, a pri temperaturi ispod 0°C oborine su u krutom stanju. Hidrometeori mogu se podijeliti u *dvije glavne skupine:*

*U prvu skupinu* spadaju proizvodi kondenzirane i sublimirane vodene pare koji se stvaraju iz zraka neposredno na Zemljinoj površini i predmetima na njoj. To su: rosa, slana, inje, mekano inje, tvrdo inje i poledica.

*U drugu skupinu* spadaju proizvodi kondenzacije i sublimacije vodene pare koji iz atmosfere padaju na Zemljinu površinu. To su kiša, rosulja, snijeg, snježne kuglice i snježna zrnca, ledene kuglice, grad i sl.

**42. Rosa.** — *Naslaga vodenih kapljica na horizontalnim površinama (zemljištu, travi, po brdu i drugim predmetima), nastalih direktnom kondenzacijom vodene pare sadržane u zraku, kad je tačka rosišta iznad 0°C, zove se rosa.* Stvaranju rose pogoduju tiho i vedro vrijeme, velika apsolutna i relativna vlaga.

Pri vedrom i tihom vremenu, poslije zalaska Sunca, Zemljina površina počinje se intenzivno hladiti pri čemu se i prizemni sloj zraka isto tako ohlađuje i u njemu se sadržana vodena para približava stanju zasićenja. Kad temperatura Zemljine površine i predmeta na njoj padne ispod tačke rosišta, počinje se na njima taložiti zgusnuta vodena para u obliku rose. *Bijela naslaga sleđene rose zove se bijela rosa.*

**43. Slana.** — *Naslaga leda kristalna izgleda, koji često ima oblik školjki, ljuski od ribe, iglica, pera ili lepezica, zove se slana.* Poput rose, javlja se na horizontalnim površinama Zemlje i njenim predmetima, s tom razlikom što vodena para direktno prolazi iz plinovitog u kruto stanje (sublimacija) kad je tačka rosišta ispod 0°C.

**44. Inje.** — *Ledene naslage zrnaca razdvojenih zrakom, često ukrašene kristalnim grančicama, zovu se inje.* Po izgledu slično je slani, ali su uvjeti njegova nastajanja različiti. Taloži se uglavnom na vertikalnim i glatkim površinama, a osim toga hvata se u privjetrini, i to najbolje pri svježem vjetru. Za razliku od slane, inje se javlja uglavnom pri tmurnom nebu, magli i niskoj temperaturi.

**45. Poledica.** — *Naslage leda nastale smrzavanjem pothlađenih kapljica rosulje ili kišnih kapi na Zemljinoj površini i predmetima na njoj, kojih je površinska temperatura niža od 0°C ili nešto viša, zove se poledica.* Ponekad je debljina poledice tolika da se mlade grane stabala lome, kidaju telegrafske i antenske žice i sl. Poledicu na tlu ne valja zamijeniti ledom koji pokriva tlo. Takav led obično nastaje topljenjem snijega ili kišnih kapi koje se kasnije lede.

**46. Kiša.** — *Padanje tekućih vodenih čestica u obliku kapljica promjera većeg od 0,5 mm ili manjih ali vrlo raspršenih kapljica zove se kiša.* Nastaje od kapljica vode koje se nalaze u oblaku, a koje se neprestanom kondenzacijom vodene pare u zraku sve više i više povećavaju. Zbog vertikalnog strujanja u oblaku, pojedine kapljice vode sudaraju se i spajaju u kaplje tolike težine da nadvladaju ta strujanja i padaju na zemlju u obliku kiše. U početku padaju krupnije kapi kiše jer su one znatno brže od sitnih kapi. Dokazano je da kaplje kiše ne mogu biti manjeg promjera od 0,5 mm, niti većeg od 7 mm (0,2 g). To se zbiva kada oblak postigne debljinu od 1 500 m. Sipljenje počinje kad je oblak debeo oko 700 m.

Prolaze li kroz relativno suh zrak, kapljice kiše znatno isparavaju i samo one krupnije padaju na Zemlju. Ako je zrak veoma suh i topao, on kišu toliko apsorbira da ona i ne dospijeva do Zemlje. U tom slučaju *ispod kišnog oblaka vidi se jedro* (viseći zastor).

Ponekad je u kišnici toliko prašine da ona ima crvenkastu boju. *To je crvena kiša.* Kod nas se katkada javi za jakog i trajnog juga, jer tada vjetar donosi prašinu s afričkog kontinenta.

*Smrznuta kiša* nastaje kad se kapljice smrzavaju u dodiru s tlom, s predmetima na Zemljinoj površini ili sa zrakoplovima u letu. Ona šušti, a njena zrnca odskakuju od tvrda tla. Temperatura nižih slojeva zraka mora biti niža od 0°C.

**47. Rosulja (sipeća kiša).** — *Prilično ujednačena oborina isključivo od finih ali gustih vodenih kapljica* (promjera do 0,5 mm) *zove se rosulja.* Nastaje iz niskih St-oblaka pri hlađenju najnižih slojeva zraka u dodiru s hladnijom Zemljinom površinom. Rosulja čije se kapljice slede u sudaru s tlom, s predmetima na Zemljinoj površini ili sa zrakoplovom u letu zove se smrznuta rosulja.

*Morski dim* je skup vodenih kapljica koje podigne jaki vjetar s prostrane vodene površine (obično s vrhova vala) i nosi po zraku na kraće udaljenosti.

**48. Snijeg.** — *Ledeni kristali (pahuljice) različitih oblika, pri padanju većinom razgranati, a katkada i zvjezdasti, zovu se snijeg. Nastaje kada se vodena para kondenzira u zraku pri temperaturama ispod ili blizu 0°C. Tada vodena para sublimira.* Najprije se stvaraju sitni ledeni kristali, a zatim simetrične pahuljice, koje padaju veoma polako. Pri sporoj sublimaciji ledene čestice, od kojih je sastavljen snijeg, imaju pravilne kristalne oblike. Stanje temperature i vodene pare u zraku utječu na oblik snježnih pahuljica.

Skup čestica snijega koji podiže obično jak vjetar zove se *mećava*. Može biti slaba ili jaka, zavisno od toga da li su čestice podignute nad zemljom malo ili znatno visoko. Kod slabe mećave horizontalna vidljivost nije znatno smanjena za visinu oka promatranja, a kod jake mećave za tu je visinu veoma slaba.

Zajedničko padanje kiše i snijega zove se *susnježica*.

**49. Snježne kuglice (solika, meki grad, krupa).** — *Padanje bijelih neprozirnih ledenih zrnaca, sferična a katkad i konična oblika, nazivamo snježne kuglice.* Njihov se promjer nalazi između 2 i 5 mm. Nastaju kada snježne pahuljice padaju pri temperaturama blizu 0°C, i pri jakom vjetru, pa se na svom putu zaobljuju u tzv. *soliku*. Padaju najčešće u proljeće i jeseni iz oblaka Cb, sa snijegom ili prije njega, a imaju uvijek karakter pljuska. Lako se gnječe među prstima i škripe. Kad padaju na tvrdu podlogu, odskakuju i lako se razbijaju.

**50. Snježna zrnca (zrnat snijeg).** — *Vrlo sitna bijela i neprozirna zrnca leda, sastavljena od ledenih iglica i malih snježnih kristala na kojima su nagomilane kapljice pothlađene magle, nazivamo snježna zrnca (zrnast snijeg).* Takva su zrnca relativno spljoštena ili izdužena. Njihov je promjer redovito ispod 1 mm. Padaju obično iz St-oblaka i nemaju karakter pljuska. Kada padaju na zemlju, ne odskaču niti se rasprskavaju.

**51. Ledene kuglice (sugradica).** — *Padanje poluprozirnih zrnaca leda, obično okrugla, a rijetko čunjasta ili nepravilna oblika, čiji je promjer od 2 do 5 mm, nazivamo* ledene kuglice. Obično se sastoje od solike kao jezgre, oko koje se obložio fini sloj leda koji zrnu daje sjajan izgled. Za razliku od solike, ta se zrnca teško mrve među prstima, pokrivaju tlo, a da pri tom ne odskakuju i ostaju čitava. Padaju iz Cb--oblaka, pri temperaturi iznad 0°C, a često su praćena kišom.

Ledene kuglice mogu biti smrznute kišne kapi, ili gotovo sasvim rastopljene i zatim ponovo smrznute snježne pahuljice, odnosno kuglice snijega obložene tankim slojem leda.

**52. Grad (tuča).** — *Padanje kuglica ili komadića leda, obično promjera od 5 do 50 mm, zove se grad.* One padaju rastavljene jedne od drugih ili nagomilane u pravilne grumene.

Najvjerojatnije je padanje grada povezano s razvojem jakih uzlaznih struja. Kad dolaze u više slojeve, kondenzirane vodene kapljice naglo se pothlađuju u dodiru s ledenim kristalima, a zatim odmah smrzavaju i padaju. Padajući, zrna grada se povećavaju jer se na njih hvataju nove kapljice. Grad pada najčešće u srednjim geografskim širinama, i to poslije podne u toplijem dijelu godine, za nevremena ili električnim pražnjenjima u atmosferi, i uvijek iz Cb-oblaka s dobro razvijenim nakovnjem.

**53. Ledene prizmice (iglice).** — *Padanje nerazgranatih ledenih kristala koji imaju oblik iglica, štapića ili pločica* nazivamo ledene iglice. Često su tako malih i nježnih oblika kao da lebde u zraku. Ti kristali mogu padati iz visokih oblaka ili vedrog neba, naročito u središnjim područjima zimskih anticiklona s vrlo niskom temperaturom. Češće padaju u visokim geografskim širinama. Kad padaju u niže slojeve jako svjetlucaju na Suncu. Mogu izazvati svjetlosne pojave na Suncu ili Mjesecu; slične onima koje izazivaju Ci-oblaci i Cs-oblaci. Pri veoma niskim temperaturama mogu padati iz St-oblaka i Sc-oblaka.

**54. Tipovi oborina.** — Oborina iz oblaka može biti: sipeća, trajna i pljuskovita.

S i p e ć a   o b o r i n a naziva se jednolična oborina od bezbroj vrlo sitnih kapljica vode čiji je promjer manji od 0,5 mm. Može biti i od vrlo sitnih snježnih zrnaca, a rjeđe od ledenih iglica. Pada vrlo sporo, pa izgleda da čestice oborine lebde u zraku. Sipljenje nastaje samo iz niskog i neprekidnog sloja St-oblaka.



T r a j n a   o b o r i n a naziva se jednolična oborina srednje krupnih kapljica (promjer iznad 0,5 mm) ili od snježnih pahuljica zvjezdasta oblika. Normalno je u vezi s uzlaznim strujanjima na toplom frontu (t. 183), pa se još naziva i frontalna oborina. Pada obično iz jednoličnog sloja As-oblaka ili iz srebrnastosiva pokrivača Ns-oblaka. Snijeg može padati iz As-oblaka, kao i iz St-oblaka i Sc--oblaka. Pri visokoj temperaturi snježni kristali spajaju se u snježne pahuljice različite veličine. Pri još većoj temperaturi, krute oborine se otapaju i tada pada mokar snijeg ili susnježica, ili sama kiša.

P l j u s k o v i t a   o b o r i n a je kratka i nejednolična oborina bez obzira na intenzitet*. Jaki pljuskovi popraćeni jakom grmljavinom obično padaju iz tamnih Cb-oblaka za ljetnih nevera, koje najčešće nastaju pri tihom i sparnom vremenu. Međutim, takvi oblaci mogu se javiti na frontovima (t. 183. i 184).

Intenzitet takve oborine veći je od prethodnih dviju vrsta oborina. U obliku pljuska mogu padati kiša (krupnih kapi), snijeg (većinom krupne pahuljice), mokar snijeg, ledene kuglice i grad.

**55. Geografska raspodjela oborina na Zemljinoj površini.** — Podjela oborina na Zemlji uglavnom je upravno proporcionalna raspodjeli naoblake, a obrnuto proporcionalna raspodjeli atmosferskog tlaka. Veoma je podvrgnuta mjesnim utjecajima, ali zavisi i od geografskog položaja mjesta promatranja.

U područjima izrazitog niskog atmosferskog tlaka oborine su naročito obilne, nasuprot područjima visokog tlaka, gdje su one oskudne.

*Najveću količinu oborina daju oblaci uzlaznih zračnih strujanja, pa se i zbog toga maksimum oborina opaža u ekvatorijalnom pojasu (tropske kiše).* U tom pojasu opažaju se dva maksimuma poslije ekvinocija i dva minimuma poslije solsticija. Takva raspodjela oborina karakterizira ovaj pojas s dva kišna i dva sušna godišnja razdoblja. Prosječno, kiša pada oko devet sati dnevno, pa zato ti pojasi imaju i najveću prosječnu količinu oborina (oko 1 725 mm).

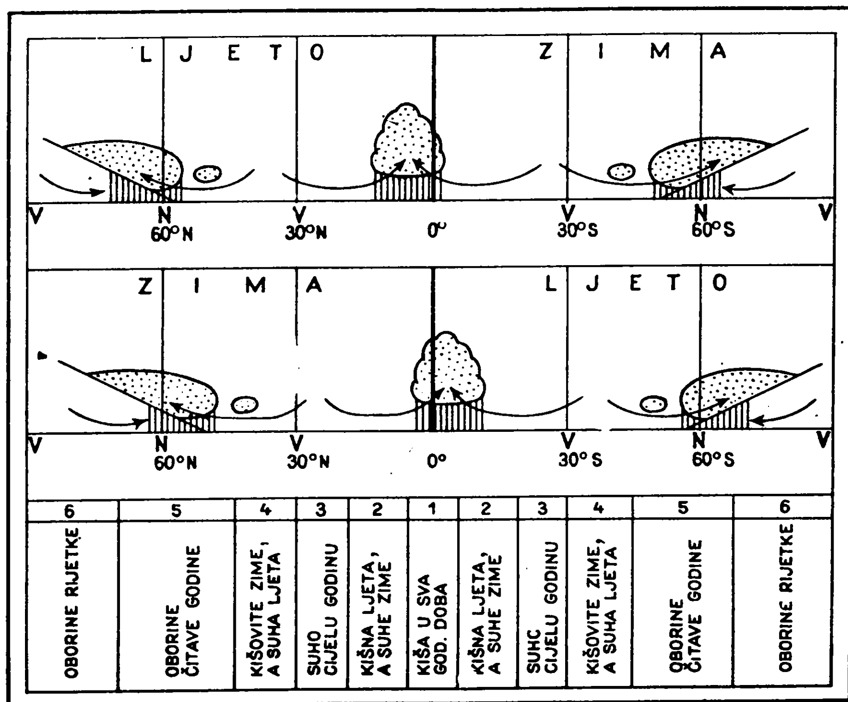
Što se ide bliže suptropskom pojasu, tj. među obratnicama, razmak između proljetnog i jesenskog kišnog razdoblja sve je kraći. Blizu obratnika na sjevernoj hemisferi, oba se maksimuma spajaju u jedan, i kišno razdoblje obuhvaća vrijeme od lipnja do rujna

U područjima monsuna postoje dva oštro izražena razdoblja: kišno — ljeti i sušno — zimi (t. 102).

U suptropskim krajevima, zbog spuštanja suhog zraka (vjetrova), pada relativno malo oborina (do 490 mm godišnje). Zbog toga se tu i nalaze velike pustinje. Najmanje je oborina ljeti. Najviše oborina zimi javlja se na zapadnim obalama kontinenta jer pušu vlažni vjetrovi s mora na kopno.

U unutrašnjosti kopna u pustinjama i polupustinjama, mala količina oborina nadoknađuje se kondenzacijom vodene pare na Zemljinoj površini. Zbog velike dnevne amplitude temperature, kondenzacija je naročito intenzivna noću.

* Pod intenzitetom oborine razumijevamo količinu oborina koja padne u jedinici vremena. Količina oborina po pravilu se mjeri visinom vodenog stupa u mm nad površinom 1 m² u toku 24 sata. Za to postoje posebni instrumenti: kišomjer (ombrometar) i ombrograf (t. 154 i 155).




*Sl. 12. a Raspored oborina na Zemljinoj površini*

U umjerenim geografskim širinama do približno 60° geografske širine količina oborine se povećava (do 875 mm godišnje), što se objašnjava čestim prolazima ciklona (ciklonske oborine). Odatle, pa prema polovima, oborina je sve manje, a na polovima dostižu minimum (do 300 mm godišnje). Razlog je tome hladan polarni zrak koji sadrži veoma malu količinu apsolutne vlage.

*Količina oborina naročito je mala u onim geografskim predjelima gdje pušu pasati* (t. 100) *(manje od 250 mm godišnje).*

Oborine čije pojačano padanje zavisi od mjesnog reljefa zovu se *orografske (reljefne) oborine.* One nastaju i izvan tropa, na onim obalama duž kojih se protežu visoki planinski lanci i prema kojima pretežno pušu vjetrovi s mora (zapadna obala Amerike, zapadna obala Skandinavskog poluotoka, na Himalajama koji presijecaju put ljetnom monsunu — 6 000 do 10 000 mm godišnje i sl.). Visoke planine primaju mnogo više oborina nego niske, a najviše oborina javlja se na visinama između 2 000 i 2 300 m.

*Na geografskim kartama raspodjela oborina prikazuje se izohijetama.* To su crte koje spajaju mjesta iste količine oborina (obično godišnjih srednjaka).

Za karakteristiku klime određenog područja nije važna samo količina oborina već i njena učestalost (broj dana u godini ili mjesecu).

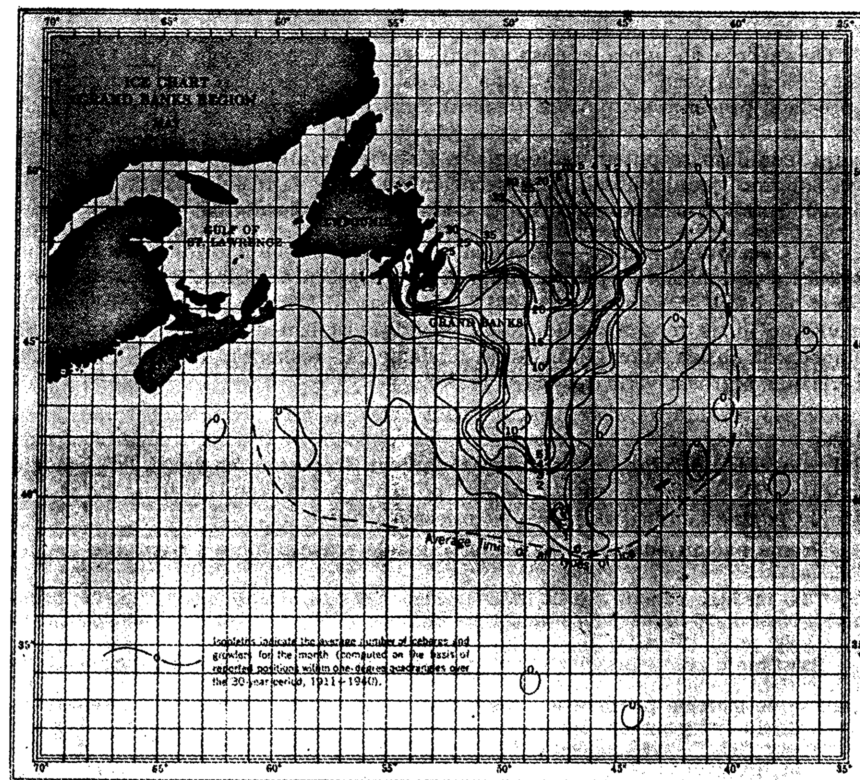


**56. Područja vječitog snijega i leda — glečeri.** — Granica nad kojom je Zemlja pokrivena vječnim snijegom i iz njega nastalim glečerskim ledom naziva se snježna crta. Njena visina zavisi od termičkih karakteristika dotičnog mjesta i od količine oborina. Načelno, s povećanjem geografske širine ona ima sve niži položaj (Himalaje — 30°N, 6 000 m; sjeverna Norveška — 70°N, 900 m).

U područjima gdje snježna crta leži iznad razine mora, a to je u tropskim i umjerenim širinama, glečerski led pri spuštanju prema razini mora topi se i dospijeva u more uglavnom u obliku rijeka i rječica.

U arktičkim i antarktičkim predjelima, gdje snježna crta leži ponekad i ispod razine mora, glečerski led upada direktno u more i od njega se stvaraju ledeni bregovi koji pod utjecajem morskih struja dolaze i u područja umjerenih širina (v. Navigacija I, gl. XI/G).

Domovina glečera, odnosno ledenih bregova (ice-berg) u prvom je redu antarktičko kopno te zapadni i sjeverni dio Grenlanda i Labradora, a to su i neki otoci američkog polarnog arhipelaga i ledenog mora (Zemlja Franje Josipa, Spitsberški otoci, De Longa, Nova Zemlja, Bafinova Zemlja i dr.).



*Sl. 12. b Ledeni bregovi i granica leda blizu Grand Banka (Newfoundland) u svibnju*

Grenland je pod debelim slojem leda sa iznad 2 000 m visine. Kao ledene rijeke glečeri se zbog vlastite težine spuštaju prema moru (brzina spuštanja 15—20 m/dan). Najveći glečeri nalaze se na zapadnoj strani Grenlanda između $\varphi$ = 70°N i 80°N. Poznat je tzv. Humboltov glečer, čije je ušće u more široko oko 60 M. Drugi golemi glečer nešto je južnije, kod Jakobshavena, iz kojega se svake godine spušta u more oko 4 milijarde tona leda.

Antarktičko kopno, kao velika ledena kalota, zaprema gotovo čitav predio oko južnog pola, približno do paralele 70°S. Njegov je ledeni pokrov debeo 600 — 1 000 m. On doseže do obale i još dalje u obalno more, stvarajući glasovite ledene glečere, od kojih se okidaju ledeni bregovi. Ti su bregovi više plosnati, a manje čunjasti, za razliku od onih grenlandskog porijekla. Ipak su impozantniji od arktičkih bregova, dosežu dužinu i iznad 20 M.

Glečeri antarktičkog kopna na mnogim su mjestima prekinuti manjim i većim zaljevima, i tako obala postaje pristupačna.

Dok na sjevernoj hemisferi putovi ledenih bregova zavise od smjera polarnih struja, na južnoj hemisferi oni lutaju. Ipak, glavni im je smjer od zapada prema istoku, u smjeru prevladavajućih vjetrova.

Na posebnim kartama Arktika i Antarktika ucrtane su granice polarnog leda, koje nisu stalne ni po godinama ni po mjesecima (sl. 12b).

Od siječnja do lipnja, odnosno srpnja, kada je u sjevernom Atlantiku opasnost od leda najveća, obalna patrolna služba SAD (U. S. Coast Guard) organizira neprestano praćenje stanja leda (ledenih bregova). Zavisno od vremenskih prilika, patrolira se brodovima ili zrakoplovima (ice patrol). Podaci o tekućem stanju leda daju se putem radio-oglasa. Daljnje podatke daju dnevne informacije, odnosno tjedni bilteni, a mjesečne informacije daju peljarske karte (Pilot charts). Te karte sadrže najkorisnije podatke o ledu za dotični mjesec.

**57. Općenito o magli.** — *Maglom nazivamo lebdjenje vrlo sitnih vodenih kapljica u prizemnim slojevima zraka, koje smanjuju horizontalnu vidljivost na manje od 1 km**. To znači, na većoj udaljenosti od 1 km predmete u horizontu ne vidimo ili ne raspoznajemo. Kada je vidljivost između 1 i 10 km, takva se zamućenost naziva sumaglica. To je lebdenje mikroskopskih vodenih kapljica ili vlažnih higroskopskih čestica u zraku.

Magla nastaje na sličan način kao i oblaci (t. 31). Naime, rashlađuje se vlažan zrak odgovarajuće kondenzacije (advektivna, radijacijska, padinska magla) i povećava se vlaga u zraku isparavanjem (frontalne magle (sl. 9d) i magle isparavanja). *Razlika je između magle i oblaka u visini, kao i po tome što je ona lokalna pojava i zavisi isključivo od mjesnih prilika.*

Prema načinu postanka razlikuju se magle zračnih masa i frontalne magle.

* Po međunarodnom ključu SMO izvršena je klasifikacija magle: gusta magla za vidljivost do 50 m, umjerena magla pri vidljivosti 50 — 500 m i slaba magla između 500 i 1 000 m vidljivosti.

Prostiranje zvuka pravilno slijedi promjene relativne vlage. Zvuk koji dolazi iz daljine slabi s opadanjem vlažnosti zraka, a jača s porastom vlažnosti. Naprotiv, pri magli se ne možemo pouzdati u zvučne signale. Ako je magla jednolična, zvuk se u većem dijelu širi pravilno. Međutim, ako je brod u magli, a izvor zvuka u bistrom području, refleksije zvuka mogu biti tolike da brod ne čuje zvučni signal. Isti je slučaj ako se brod i izvor zvuka nalaze u bistrom području, a između njih uglavnom magla. U području guste magle može biti predjela s različitom gustoćom i mogu se zvučni valovi toliko lomiti da se zvučni signal ne čuje.

Kiša, grad i snijeg naročito utječu na širenje zvuka.



Magle zračnih masa mogu biti *radijacijske* i *advekcijske*, prema tome nastaju li u zraku koji miruje i hladi se iznad Zemlje kao posljedica Zemljine radijacije noću, ili nastaju u zraku zasićenom vodenom parom koji se kreće utjecajem vjetra. Kod ovih magli bitno je da one nastaju pri dodiru toplog i vlažnog zraka s hladnim površinama, zbog čega se vlažan zrak rashladi ispod tačke rosišta. Magle također nastaju *miješanjem* hladnih i toplih zračnih masa.

Pored navedenih tipova magli, postoje još *magle isparavanja, gradske magle i suhe magle* (čađavine). Ove dvije posljednje vrste magle nisu značajne za navigaciju.

**58. Radijacijska magla ili magla noćnog hlađenja.** — *Nastaje u stabilnoj i vlažnoj zračnoj masi. U dugim vedrim i tihim zimskim noćima Zemlja postaje hladnija od prizemnog sloja zraka, pa se taj sloj zraka rashlađuje i zasićuje vodenom parom.* Obično je to tanak sloj magle uz samu Zemlju, pa se često naziva i prizemna magla. Nad kopnom ta vrsta magle može nastati u bilo koje doba godine i u bilo kojoj geografskoj širini, a nad morem samo u višim širinama. Gusta radijacijska magla najčešće se javlja pri vedrim noćima, nakon obilnih kiša, i to prije izlaska Sunca.

*Povoljni uvjeti za stvaranje radijacijske magle jesu:* velika zasićenost vodenom parom prizemnog sloja zraka, intenzivno radijacijsko ohlađivanje prizemnog sloja zraka i Zemljine površine (t. 13—16), slab vjetar ili bez njega, jer s pojavom vjetra zrak se intenzivno miješa i usporava se ohlađivanje njegova prizemnog sloja. Ako je brzina vjetra ispod 3 m/s, može se pojaviti i deblji sloj magle, ali rijetko iznad 500 m visine.

Za stvaranje takve magle najpovoljniji predjeli su kotline i uvale, osobito one u kojima su jezera, rijeke ili močvare. Pri tome nadmorska visina ne smije biti veća od 500 m.

*Prizemna magla* javlja se najčešće u zoru, pred izlazak Sunca, a ponekad se počinje stvarati i uveče. U toku godine najčešće se javlja zimi, a zatim u proljeće i jeseni.

Iščezavanje prizemne magle zavisi od njene gustoće. Uglavnom te magle iščezavaju oko 10—11 sati. Radijacijska magla nastala poslije zalaska Sunca iščezava ljeti do 9 sati. Zimi se može ponekad zadržati i cio dan, i u tom slučaju danju je nešto slabija nego noću.

*Radijacijska magla* pri ostalim jednakim uvjetima javlja se nad morem kasnije nego nad kopnom, a nestaje prije nad kopnom nego nad morem. Prodiranju te magle na obalski pojas pridonose noćna strujanja s kopna prema moru.

Gustoća te magle smanjuje se s visinom, pa se često pri takvoj magli vidi nebeski svod, a horizontalna vidljivost je slaba. Često se na vlastitom brodu ne vide ni pramac ni krma, a vide se gornji dijelovi ili jarboli brodova koji prolaze, pa je i pored motrenja radarom korisno postaviti motrioca u košu jarbola ili na drugom uzdignutom mjestu. Prosječna visina radijacijske magle iznosi 150—400 metara.

**59. Advekcijska magla ili magla horizontalnog miješanja zraka.** — Nastaje pri laganom horizontalnom kretanju vlažnog toplog zraka iz toplijih predjela u hladnije (brzina vjetra $< 10$ m/s). Topli zrak se pri dodiru s hladnijom podlogom hladi, što povećava relativnu vlagu. Kada se zrak ohladi do tačke rosišta i



*Sl. 13. Banak advekcijske magle*

niže, u prizemnim slojevima rashlađene zračne mase kondenziraju se vodene pare i nastaje magla debela 500 m i više. Na kopnu, naročito u toplijem dijelu godine, teško se razlikuje od radijacijske magle.

*Najpovoljniji predjeli za stvaranje te magle* jesu primorska područja gdje je zrak bogat vodenom parom i gdje su razlike u temperaturi između kopna i mora najveće, ili morska područja gdje se tople i hladne morske struje sukobljavaju. Zbog toga su sve morske magle, osim magle isparavanja, adektivna tipa.

*Područja oceana naročito opasna za navigaciju* zbog magle jesu ona gdje se susreću tople i hladne morske struje. To je područje Newfoundlanda (Grand Bank), kao posljedica sukobljavanja hladne Labradorske struje s toplom Golfskom strujom, i područje jugoistočno od Cap Agulhasa, gdje se topla Agulhaska struja sukobljava s hladnom Južnom spojnom strujom i sl.*

Magla se često javlja i u onim obalskim područjima blizu kojih iz dubine navire hladna voda nošena dubinskim strujanjima ili zbog toga što površinske slojeve vode tjera vjetar (pasat) koji puše s kopna (područja uz obalu južne Afrike u predjelu Bengalske struje; Japansko i Ohotsko more — u proljeće i početkom ljeta i dr.). Česte i obilne magle javljaju se zimi zbog vrlo niskih temperatura zraka uz površinu mora, a u ostalo doba godine zbog blizine velikih površina leda i nesmrznute vode (npr. Sjeverno ledeno more zimi, a u Barentsovom i Grenlandskom moru u toku čitave godine).

*Kopnene magle* nastaju kad vlažne zračne mase prelaze iz toplijih područja u hladnija. Javljaju se najčešće u zimi kad zračne mase prodiru iz južnih krajeva u sjeverne. Ne spadaju u guste magle i obično ne traju duže od 24 sata.

Lebdjenje mnogobrojnih sićušnih čestica kristala leda u atmosferi, koje smanjuju vidljivost na Zemljinoj površini, zove se *ledena magla*.

---

* Englezi kažu Thick as a Newfoundland Fog.



Pojava koja se u meteorologiji javlja pod nazivom *suha magla* (suha mutnoća ili čađavina) uvjetovana je uzdignutom prašinom u zraku i nema nikakve veze s opisanim maglama.

*Magla smanjuje vidljivost, što direktno utječe i na sigurnost broda u plovljenju.* Daljina vidljivosti redovno se procjenjuje odoka (t. 153).*

**60. Frontalna ili kišna magla.** — Nastaje isparavanjem kapljica kiše toplijih od slojeva zraka kroz koje ona pada i na taj način ti hladniji slojevi zraka postaju zasićeni vodenom parom. Ako sloj hladnog zraka leži pri zemlji, stvara se magla, a ako je na visini, stvara se Stratus oblak (St). Takve magle najčešće se javljaju pred toplim i hladnim frontom, i to na frontovima s izrazitom temperaturnom razlikom zračnih masa (sl. 9b).

**61. Magla isparavanja.** — Nastaje najčešće u jesen i zimi pri prolazu vlažnog hladnijeg zraka preko toplije vodene ili kopnene površine koja naglo isparava. Iznad kopna najčešće nastaje u večernjim satima, a iznad jezera i rijeka u toku noći. Takvo stvaranje magle različito je od načina stvaranja advekcijske magle, jer hladan zrak ne sadrži velike količine vlage. Gustoća magle isparavanja zavisi od istih faktora kao i kod advekcijske magle. Ta je magla kratkotrajna jer je brzo apsorbira toplija vodena površina.

**62. Raspodjela magle na Zemljinoj površini.** — U neposrednoj blizini ekvatora i daleko od obale magle su gotovo sasvim nepoznate u svim oceanima. U tropskim odnosno središnjim predjelima oceana magle su rijetke. *Za navigaciju su zbog magle naročito opasna ona područja gdje se susreću tople i hladne morske struje.*

Prilike u Atlantskom i Tihom oceanu, naročito u sjevernim dijelovima, prilično su slične. U Indijskom oceanu magle nisu česte i općenito ne utječu na sigurnost plovidbe. Približavajući se antarktičkom kopnu, maglovitost raste. Naročito se to osjeća poslije paralele $\varphi = 30^0$S, koja je ujedno i nulta crta po postotku maglovitosti ovog područja.

*U daljnjem izlaganju upoznat ćemo predjele oceana i mora u kojima magla posebno utječe na sigurnost plovidbe.*

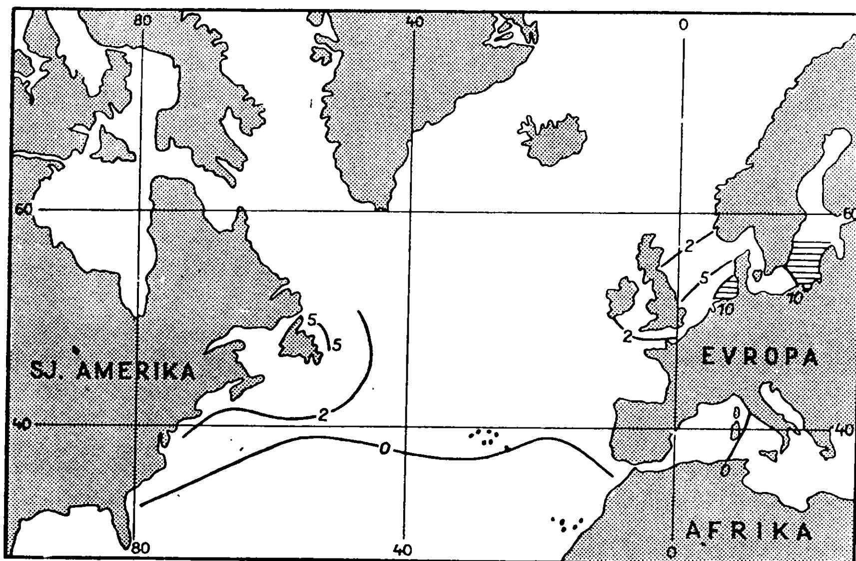
a) A t l a n t s k i o c e a n. *U središnjem dijelu* oceana od 40⁰N do 30⁰S učestalost magle je ispod 1%. Načelno, ona opada od američkih obala prema evropskim i od sjevera prema jugu. *U višim sjevernim širinama,* oko 50⁰N, najveća učestalost je između 40⁰ i 50⁰W, a posebno oko Newfoundlanda. U pogledu doba godine učestalost magle je *veća ljeti nego zimi,* naročito u zapadnim predjelima. *Od 30⁰S* učestalost magle raste prema antarktičkom kopnu, gdje doseže do 25%, i više.

*Uz Norvešku* magle su česte ljeti i traju nekoliko dana. Kod Skageraka najviše magle je u ožujku. *U Baltičkom moru* magla nije osobito značajna. *U Sjevernom moru* magle su značajne naročito ljeti.

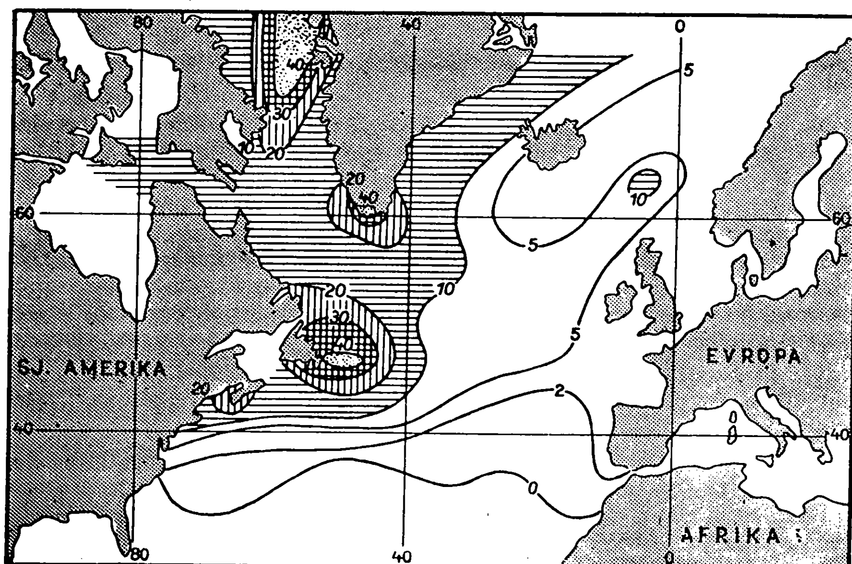
*Engleski kanal* je poznat po naročito gustim maglama koje su opasne za plovidbu. Magla je pojačana gradskom maglom koju nose zapadni vjetrovi. Magle oko Kanalskih otoka, uz jake struje morskih mijena i bezbroj sprudova, osobito su opasne za pomorce.

---

* Vidi Navigacija I, izdanje Školske knjige, Zagreb 1967. — Plovljenje u magli odnosno pri ograničenoj vidljivosti.




*Sl.14.a Postotak učestalosti magle iznad Atlantskog oceana u siječnju*




*Sl. 14.b Postotak učestalosti magle iznad Atlantskog oceana u srpnju*



Uz *portugalsku obalu* poznate su tzv. visoke magle, i to u ljetnim mjesecima, kroz koje se dobro vidi obalna crta, ali ne i istaknuti visoki objekti.

Duž atlantske *obale Maroka do Siera Leone* magle se javljaju u kasnoj jeseni i u toku cijele zime. Javljaju se izjutra, ali normalno nestaju oko 10—11 sati. Ovdje nastaje i tzv. suha magla, koja također smanjuje vidljivost.

U *području Bengalske struje* (južna Afrika) svakodnevno ima prilično magle u svim mjesecima, naročito zimi. Tako je gusta i vlažna da se može mjeriti kao i kiša. Magla je posljedica uzdizanja dubinske vode, koja se kao kompenzacijska struja podiže pod utjecajem pasata. Nestaje pojavom vjetra iz SW (oko podne).

Uz obalu *Patagonije* prilično magle ima u zimskom razdoblju. Kod Rio de la Plate, dosta magle javlja se od srpnja do rujna, a kod Rio de Janeira učestalost magle ljeti je oko 30% a zimi oko 65%.

U *Karipskom moru* nema značajnije magle na otvorenom moru. Ali za vrijeme kišnog razdoblja (V — XI mj.) ona može otežati približavanje Panamskom kanalu. U tom razdoblju magle u Kanalu naročito su obilne.

U *Meksičkom zaljevu,* naročito uz ušće Mississippija, magla se javlja u proljeću pri južnim vjetrovima. Granica magle je i granica riječke vode s Golfskom strujom.

*Duž atlantske obale SAD* magla se javlja za vjetra iz II kvadranta i u razdoblju od IV do IX mjeseca. Sjeverno od Cap Haterasa magle su češće. U samoj luci New Yorka nekoliko gustih magli u toku godine znatno otežava promet.

*Za plovidbu su najopasnije tzv. njufundlandske magle* (područje Grand Banks), i to u ljetnim mjesecima za vjetrova iz južnih kvadranata.* U slučaju jakih vjetrova te magle mogu doseći visinu i do 300 m. Za vrijeme tišina javljaju se niske ali naročito guste radijacijske magle (do 25 m), koje traju i nekoliko dana. Magle do 65% učestalosti javljaju se u lipnju, kada i najviše ledenih bregova dospijeva u to područje.

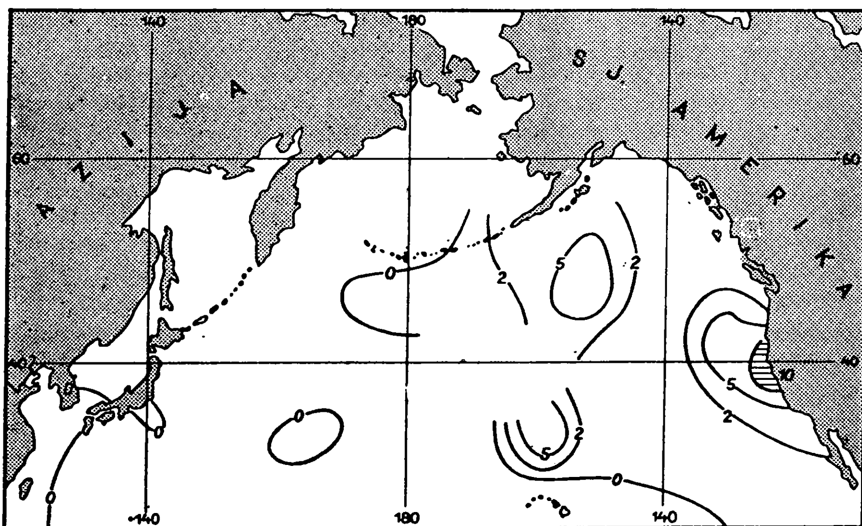
b) T i h i  o c e a n. Prilike, naročito u njegovu sjevernom dijelu, slične su onima u Atlantiku. Na otvorenom moru svi predjeli magle leže sjeverno od rakova obratnika.**

*Predio Kurilskih otoka,* južno od Kamčatke i Aleutskih otoka, u obalnim vodama Japanskih otoka, i predio duž Kalifornije (oko rta Reyes) osobito su poznati po učestalosti magle. Porijeklo magle kod Kurilskih otoka slično je kao i kod Newfoundlanda. Najveća učestalost magle u tim područjima je oko 50% dana, i to u ljetnim mjesecima i ranu jesen, a najniža u prosincu i siječnju. Naročito guste magle susreću se ponekad pred lukom San Francisco.

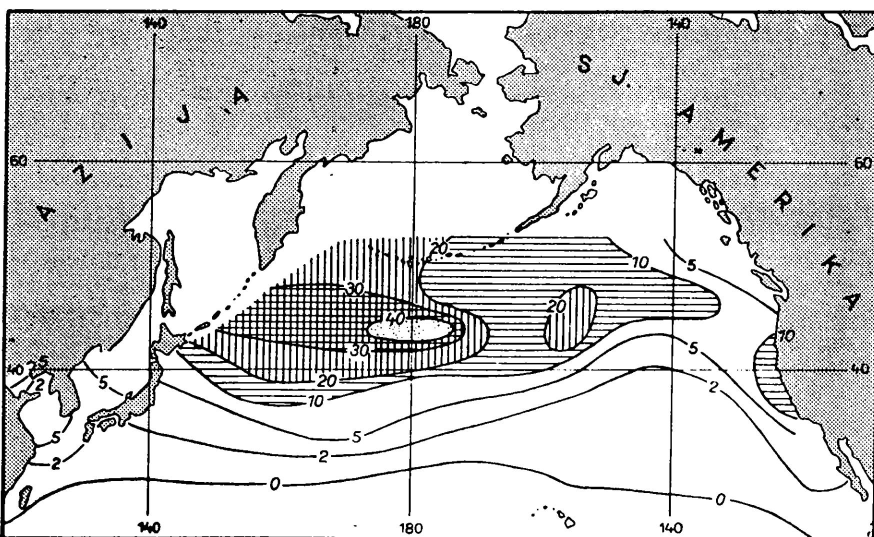
Gotovo duž čitave *obale Južne Amerike* javljaju se guste tzv. peruanske magle u području Humboltove struje, slično kao i u području Bengalske struje (južna Afrika). Prostiru se nekoliko milja od obale, ali otežavaju prilaz lukama na toj obali

* Objašnjenje: Hladna Labradorska struja kroz Davisov prolaz susreće toplu Golfsku struju. Ljetni južni vjetrovi donose vrlo vlažan zrak jer prolaze preko tople vode Golfske struje. Taj zrak se hladi od hladne Labradorske struje i sadržana vlaga kondenzira se u maglu. Ako vjetrovi skrenu na W ili NW, magla brzo nestaje. Zimi su češći vjetrovi W ili NW. Budući da dolaze s kopna i imaju kratak put preko mora, relativno su suhi i zato je učestalost magle u tom godišnjem razdoblju manja.

** Topla struja Kuroshio na svom putu prema NE sastaje se s hladnom Kamčatskom strujom. Ostale pojave iste su kao i u Atlantiku.




*Sl. 15.a Postotak učestalosti mogle iznad Tihog oceana u siječnju*




*Sl. 15.b Postotak učestalosti magle iznad Atlantskog oceana u srpnju*



Uzduž kanadske obale ima prilično magle od VIII do IX mjeseca, koje naročito otežavaju prilaz luci Vancouver kroz prolaz Juan de Fuco.

*Južno od Aljaske* situacija je slična kao i pored Aleutskih otoka. Beringovo more je ljeti leglo magle, koje svakodnevno traju od ponoći do slijedećeg dana poslije podne.

*Na azijskoj obali,* osim oko Japanskih otoka, naročito velik broj dana s maglom ima Hong-Kong (od II do IV mj. oko 38 dana).

Uz australijsku obalu magle su veoma rijetke.

c) I n d i j s k i o c e a n. Magle nisu naročito značajne za plovidbu. Značajna je klimatska suprotnost između istočne i zapadne obale južne Afrike. U predjelu Agulhaske struje javljaju se česte kiše i oluje, a malo magle, dok u predjelu Bengalske struje kiše i oluje su rijetke, a magle češće.

Magle koje se javljaju uz somalijsku obalu u ljetnim mjesecima otežavaju pomorski promet na putovima koji vode iz luka istočne Afrike za Crveno more.

d) S r e d o z e m n o i J a d r a n s k o m o r e. *U istočnom bazenu Sredozemnog mora* magle redovno nastaju u blizini obala, i to uz južne vjetrove. Najviše se javljaju u travnju, ali ne traju duže nego do podne. *U zapadnom bazenu,* naročito kod Gibraltara, najviše magle ima u ljetnim mjesecima (lipanj). Često su magle vrlo guste i suhe, ali ne traju dugo. Slične magle javljaju se između Korzike i Sardinije, a u Tirenskom moru magle su rijetke.

Na *Jadranskom moru* magle su češće u sjevernom dijelu nego u južnom. Leglo magla nalazi se u venecijanskoj nizini, odakle ih slabi zapadni vjetrovi raznose preko sjevernog dijela Jadrana do obale Istre. Također se izrazito područje magli nalazi i u albanskoj nizini.

Najveća učestalost magle je u zimskim mjesecima, ali uvijek uz tišinu i slabe vjetrove: u sjevernom Jadranu — u siječnju 5 dana, u ostalim mjesecima 2—3 dana, a u južnom Jadranu najviše magle ima u prosincu 1—2 dana. Ljeti su guste magle gotovo isključene.

U zimskim mjesecima, i to većinom u blizini niskih obala zapadne Istre, javlja se posebna vrsta magle, tzv. jutarnja magla.

Kao što se vidi, na Jadranu magla ne utječe naročito na plovljenje. *Njena je učestalost prilično slaba, a ako se pojavi, ona je kratkotrajna.*

### (3) Litometeori

**63. Općenito.** — *Litometeor je meteor koji se sastoji od skupa čestica, većinom čvrstih, a ne tekućih. Te čestice više ili manje lebde u zraku ili ih vjetar izdiže s tla.*

**64. Suha mutnoća (sumaglica).** — Nastaje kad u zraku lebde izvanredno sitne suhe čestice, koje se ne vide golim okom, ali ih je toliko da zrak ima bliještav (opalescentan) izgled.

**65. Prašinska mutnoća (pješčana magla).** — Nastaje kad u zraku lebde prašina ili sitne čestice pijeska, podignute s tla prašinskom ili pješčanom olujom.

**66. Dim.** — To je lebdjenje sitnih čestica u zraku kao posljedica različitih izgaranja.

**67. Prašinska ili pješčana mećava.** — To je skup čestica prašine ili pijeska koje je dovoljno jak i turbulentan vjetar izdigao s tla, na malu ili umjerenu visinu, na mjestu ili blizini mjesta promatranja.

Zavisno od visine prašine odnosno pijeska, prašinska mećava može biti slaba ili jaka, poput mećave.

68. **Prašinska ili pješčana oluja.** — Skup čestica prašine ili pijeska, koje je jak i turbulentan vjetar snažno uzdigao s tla na veliku visinu, zovemo prašinska (pješčana) oluja. Prednji dio takve oluje može imati izgled širokog i visokog zida.

69. **Prašinski ili pješčani vrtlog.** — To je skup čestica prašine ili pijeska, koje su često pomiješane sa sitnim otpacima, a dignute su s tla na različitu visinu u obliku vrtložna stupa. Stup ima mali promjer i gotovo vertikalnu os.

## (4) Fotometeori

70. **Općenito.** — *Fotometeor je svjetlosna pojava prouzrokovana refleksijom, refrakcijom, difrakcijom odnosno interfrakcijom Sunčeve ili Mjesečeve svjetlosti pri susretu raznih materijala od kojih se sastoji ili koje posjeduje atmosfera.*

71. **Halo.** — To je skupina optičkih pojava oblika prstena, luka, stupa ili svjetlosnih žarišta prouzrokovanih refrakcijom ili refleksijom svjetlosti na ledenim kristalima koji lebde u atmosferi (Ci-oblaci i Cs-oblaci). Halo sa svim popratnim pojavama češće se viđa u polarnim krajevima. Promatranja su pokazala da se halo češće opaža na čeonoj strani ciklona, pa može služiti i kao predznak njegova približavanja.

U pojave halo spadaju (sl. 16):

*Mali halo* je prvi svjetlosni prsten oko svjetlećeg nebeskog tijela (Sunca ili Mjeseca), promjera 22°. S unutrašnje strane prsten obično ima slab crvenkast porub, a u nekim slučajevima ima i ljubičast porub s vanjske strane. To je najčešći tip haloa.

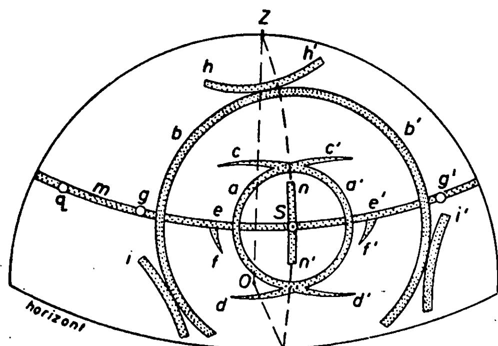
*Veliki halo* je svjetlosni prsten, koncentričan prvome, samo dvostruke veličine, promjera 45°; manje je svijetao i rjeđe se pojavljuje nego mali halo. Na njemu se boje lakše razlikuju nego na malom halou. Sredinom obaju haloa viđa se ponekad dugačka svijetla brazda, koja horizontalno siječe oba kruga. Ta brazda zove se crta Sunca. Na toj crti simetrično prema Suncu (Mjesecu) vide se ponekad svijetli fokusi koji daju sliku Sunca (Mjeseca), a nazivaju se lažna Sunca (Mjesec).

*Bijeli svjetlosni stup* u obliku je isprekidanog ili neisprekidanog svjetlosnog traga, koji se može nalaziti na vertikali Sunca ili Mjeseca, iznad ili ispod njih.

*Gornji i donji tangentni lukovi* ponekad dodiruju kružni halo na njegovoj najvišoj ili najnižoj tački. Često su kratki i mogu biti svedeni na svjetlosno žarište.

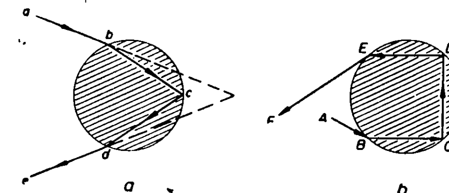
*Gornji cirkumzenitalni luk* je veoma zakrivljen luk malog horizontalnog kruga u blizini zenita, s crvenom bojom izvana, ljubičastom iznutra. Donji cirkumzenitalni luk je spljošten horizontalni krug u blizini horizonta.

*Parhelijski krug* je horizontalni bijeli krug koji se redovno nalazi na istoj kutnoj visini kao i Sunce. Na izvjesnim tačkama tog kruga mogu se primijetiti svjetlosna žarišta (lažnih sunca). Dva se žarišta najčešće pojavljuju nešto izvan malog haloa (parhelija), a ponekad i na azimutnom razmaku od 120° od Sunca (parantelija). Veoma se rijetko javljaju nasuprot Sunca (antelion). Odgovarajuće pojave uzrokovane Mjesecom zovu se paraselenički krug, paraseleni, parantiseleni i antiseleni.




*Sl. 16. Puna halo pojava*
S — Sunce, a i a′ — obični halo (22°), b i b′ — veliki halo (46°), c i c′ — gornji tangentni luk za halo 22°, d i d′ — donji tangentni luk za halo 22°, e i e′ — obična parhelija, f i f′ — lukovi Lowitza, g i g′ — parhelija 46°, h i h′ — cirkumzenitalni luk, i i i′ — infralateralni tangentni lukovi za halo 46°, m — kružnica perihelije, q i q′ paranthelion 90°, O — motrilac






*Sl. 17. Lomljenje svjetlosnih zraka kroz kapljice kiše*
a) refrakcija izaziva glavnu dugu
b) totalna refrakcija izaziva sekundarnu dugu

*Slika Sunca* pojavljuje se u obliku bijele i svijetle mrlje na vertikali ispod Sunca, a slična je zrcalnoj slici Sunca u moru.

72. **Vijenac (korona).** — To su jedna do tri serije obojenih prstena, relativno malog promjera, sa Suncem ili Mjesecom u središtu.

73. **Irizacija.** — Pojavu boja koje se javljaju na oblacima, katkada pomiješane ili kao usporedne pruge s rubovima oblaka, nazivamo irizacija. Prevladavaju zelena i ružičasta boja, često u pastelnim nijansama.

74. **Glorija.** — Jedan ili više nizova obojenih prstena, koje promatrač vidi oko svoje sjene na oblaku, zove se glorija. Prsteni se sastoje od mnogobrojnih sitnih vodenih kapljica. Ta se pojava može zapaziti i na magli, ali veoma rijetko, i na rosi.

75. **Duga.** — To je skupina koncentričnih lukova, čije su boje od ljubičaste do crvene. Javljaju se kao posljedice prelamanja zraka Sunčeve (rjeđe Mjesečeve) svjetlosti na tekućim kapljicama u atmosferi (kiše, rosulje, magle). Pojava je identična onoj pri lomljenju svjetlosnih zraka kad prolaze kroz prizmu. Duga sadrži sve boje Sunčeva svjetlosnog spektra. U glavnoj dugi ljubičasta boja je unutra (promjer 40°), a u sekundarnoj (mnogo manje svjetla nego glavna) poredak boja je obratan. Promatrač će vidjeti dugu ako se nalazi između Sunca (Mjeseca) i kapljica vode u atmosferi na kojima se javlja duga (sl. 17).

Kao glavna duga može nastati i bijela duga. Obično je izvana obrubljena tankom crvenom crtom, a iznutra plavom.

76. **Krug oko Sunca i Mjeseca.** — Često se opaža kroz tanki sloj naoblake. Unutrašnji dio kruga je plave boje, a vanjski crvene. Boje se vrlo slabo primjećuju. Krug oko Mjeseca mnogo je češći nego oko Sunca, jer jaka Sunčeva svjetlost sprečava da ga vidimo. Ta pojava nastaje difrakcijom svjetlosti pri prolazu kroz vodene kapljice ili ledene kristale. Po veličini kruga pomorci često predskazuju vrijeme. Ako je krug malen, znači da su kapljice u visokim oblacima krupne i zato se može očekivati kiša. U obrnutom slučaju, kad je krug velik, kapljice odnosno kristali su sitni i manja je vjerojatnost da će kišiti.

77. **Sumrak.** — Iz svakodnevnih promatranja poznato nam je da nakon noći ne nastaje odmah dan, niti nakon dana odmah noć. Noći prethodi večernji sumrak (suton), a danju jutarnji sumrak (svitanje). Za to vrijeme Sunčeve zrake osvjetljavaju samo gornje slojeve atmosfere, a zbog difuzije svjetlosti dio svjetlosnih zraka pada i na Zemlju. Ta je svjetlost u početku jača, a kasnije sve slabija, odnosno obrnuto. To se zbiva zbog okretanja Zemlje oko svoje osi. Kada ne bi bilo Zemljine atmosfere, odmah po Sunčevu zalasku nastala bi potpuna noć, a isto tako s pojavom Sunca na horizontu noć bi nestala. *Prijelazno vrijeme između dana i noći, i između noći i dana, zove se općenito sumrak.*

Trajanje sumraka različito je za razne geografske širine. Sumraci su najkraći na ekvatoru, a najdulji na polovima.*

Trajanje sumraka za svaki dan u godini i određenu geografsku širinu izračuna se pomoću Nautičkog godišnjaka (v. Navigacija II).

---

* Trajanje sumraka: *ekvator* — građanski sumrak 24—26 $^m$, astronomski 59—80$^m$; $\varphi$ = *50°* — građanski sumrak 37$^m$—46$^m$ ($\varphi$ i $\delta_0$ raznoimeni) i 37$^m$—52$^m$ ($\varphi$ i $\delta_0$ istoimeni); *sjeverni pol* — građanski sumrak oko 16 dana (5—21. III i 23. IX—8. X), astronomski sumrak 50 dana (30. I—21. III) i 52 dana (24. IX—14. XI).

*U navigaciji*, zavisno od jačine osvjetljenja nebeskog svoda, razlikujemo tri vrste sumraka: *građanski, nautički i astronomski.*

*Građanski* sumrak traje od trenutka kada Sunčeve zrake prestanu direktno osvjetljavati Zemlju pa dok Sunce ne dođe 6° ispod horizonta (za to vrijeme može se čitati). Od tog trenutka, pa dok se Sunce ne spusti 12° ispod horizonta (period za promatranja zvijezda), traje *nautički sumrak*, a zatim slijedi *astronomski sumrak*, koji završava u trenutku kada Sunce dođe 18° pod horizontom, i tada nastupa potpuna noć. Zbroj tih vremena daje trajanje sumraka uopće.

**78. Jutarnje i večernje rumenilo.** — Nastaje prije izlaska Sunca (u svitanju) i poslije njegova zalaska (u sutonu). Ta pojava nije do danas potpuno objašnjena, a kao glavni njeni *uzroci* smatraju se:

— nejednako lomljenje svjetlosnih zraka različite valne dužine, koja se javlja uglavnom u nižim slojevima atmosfere, i zbog toga se Sunčeva svjetlost razlaže u spektralne boje;

— nejednako raspršivanje svjetlosnog spektra u atmosferi;

— difrakcija svjetlosti koja je, zbog velikog broja različitih čestica, naročito jaka u nižim slojevima zraka;

— nejednaka apsorpcija različitih zraka svjetlosnog spektra u atmosferi.

Pri izlasku i zalasku Sunca Sunčeve zrake prelaze kroz atmosferu znatno duži put do promatrača nego danju, pa se zato na svom putu rasipaju i gube. Najjače se apsorbira ultraljubičasti dio spektra, i u Sunčevoj svjetlosti ostaje više crvenih zraka. Čim je više vlage u zraku i apsorpcija plavih svjetlosnih zraka je veća, a time i svitanje odnosno sumrak crveniji. To se crvenilo pojačava kad u zraku ima puno prašine, dima i drugih krutih čestica koje pospješuju rasipanje Sunčevih zraka.

Obično jutarnje rumenilo (crvene zore) nastaje pri dolasku ciklona, tj. pogoršanju vremena. Ružičasti i zlatni večernji sumraci uzrokovani su uglavnom velikom količinom prašine u zraku. Opažaju se većinom pri anticiklonalnom vremenu i predznak su suha i vjetrovita vremena.

**79. Atmosferska refrakcija.** — *To je pojava u atmosferi koja nastaje kad se svjetlosne zrake lome prolazeći kroz slojeve atmosfere različite gustoće.* Kad zrake svjetlosti prolaze iz sloja jedne gustoće u sloj druge gustoće, one mijenjaju svoj smjer, tj. lome se, i to prelazeći iz rjeđeg u gušći sloj lome se prema normali, a prolazeći iz gušćeg sloja u rjeđi lome se od normale na odnosnu graničnu plohu. Ako pri prolazu iz gušćeg sloja u rjeđi kut upadanja prijeđe određeni iznos (zavisi od razlike gustoće slojeva), tada zraka nakon loma čini s normalom kut veći od 90°. U tom slučaju zraka ne prelazi u drugi sloj, nego se vraća odakle je i došla. Ta se pojava zove *totalna refleksija.*

Kad zraka svjetlosti prolazi kroz atmosferu, gdje se gustoća zraka mijenja od sloja do sloja, ona se neprestano lomi i postaje zakrivljena. Putanja takve zrake ima uvijek konkavan oblik i okrenuta je prema sloju veće gustoće.

*Posljedica je atmosferske refrakcije* da objekte, kao izvore svjetlosti, ne vidimo na mjestu gdje se oni stvarno nalaze, već nešto podignute, tj. u smjeru tangente na zakrivljenju putanje svjetlosne zrake. Zbog toga će svaki objekt imati prividno veću visinu od svoje stvarne visine nad horizontom.

R a z l i k u j e m o d v i j e v r s t i r e f r a k c i j e: *astronomsku i terestričku.*

*Astronomska refrakcija* nastaje pri motrenju nebeskih tijela, jer se ona nalaze izvan granica atmosfere. Svjetlosna zraka prelazi veći put što je tijelo bliže horizontu, pa je i kut refrakcije veći. Zbog poremećenosti atmosfere blizu Zemljine površine, proračunska vrijednost toga kuta je nesigurna. Utjecajem refrakcije, nebeska tijela prividno ranije izlaze, a kasnije zalaze, a kod Sunca se javlja i deformacija njegova oblika. Sve to treba imati na umu kad se rješavaju zadaci iz astronomske navigacije.

*Terestrička refrakcija* nastaje pri motrenju terestričkih objekata. Kut refrakcije veći je što se objekt nalazi dalje.

U specijalnim slučajevima, kad temperatura s visinom slabo opada, ili čak raste, refrakcija pri bistrom vremenu može biti vrlo velika, pa je vidljivost izrazito velika (mogu se vidjeti dijelovi kopna koji se na toj udaljenosti normalno ne vide). Posljedica je atmosferske refrakcije i depresija morskog horizonta.



*Treperenje svjetlosti* zvijezda (scintilacija) tumači se kao posljedica stalnih promjena u gustoći zraka. Zapaženo je da je ono osobito jako prije nego nastupi kišovito vrijeme.

**80. Zrcaljenje (miraža).** — Pojava pri kojoj direktno vidimo stvarni objekt na Zemlji i još njegovu obrnutu sliku u atmosferi zove se zrcaljenje (miraža, fatamorgana). Zrcaljenje je također posljedica refrakcije, a pojavljuje se zbog totalne refleksije zraka svjetlosti na oštroj granici između hladnijeg (gušćeg) i toplijeg (rjeđeg) sloja zraka.

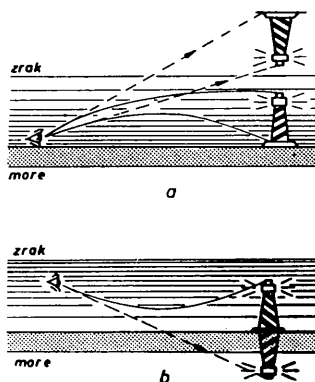
Zrake svjetlosti dolaze dvama putovima u motriočevo oko. Jedan je put zrake direktan i on daje stvarnu sliku objekta. Drugim putem dolazi zraka iz gušćeg sloja i poslije odbijanja od toplijeg (rijetkog) sloja atmosfere (kao od zrcala) on daje obrnutu sliku (slično kao što se totalnom refleksijom brda zrcale u vodi).

R a z l i k u j e m o z r c a l j e n j e *prema gore i prema dolje* (sl. 18 a i b).

*Zrcaljenje prema gore nastaje* kad iznad Zemljine površine postoji dovoljno niska inverzija, a objekt je dovoljno udaljen. Na granici inverzije je izrazita promjena gustoće, s tim što je gornji sloj znatno rjeđi. Reflektirana slika objekta nalazi se iznad stvarnog objekta i izvrnuta.

*Zrcaljenje prema dolje* javlja se kada se iznad tankog toplog sloja zraka pri tlu nalazi sloj izrazito hladnog zraka. Na Jadranu je to redovita pojava zimi pri buri, kada se nad morem zrak ohladi strujom hladnog vjetra. U takvim slučajevima naglog pada temperature po visini niži sloj zraka izrazito je rjeđi od viših slojeva i svjetlosne zrake lome se s konkavnom stranom prema gore. Da bi došlo do pojave zrcaljenja prema dolje, objekti moraju biti dovoljno udaljeni i samo malo iznad motriočeva horizonta, tako da zrake upadaju na topli sloj vrlo koso.

Slika objekta koju vidimo je ispod stvarnog položaja objekta i obrnuta. Zrcali se sve što se nalazi u unutrašnjosti određenog kutnog razmaka. Ako je to npr. otok, zrcali se i pruga neba na horizontu, pa se čini kao da je otok izašao iz mora. U takve




*Sl. 18. Zrcaljenje (fatamorgana)*
a) gornje zrcaljenje
b) donje zrcaljenje



*Sl. 18.c Aurora borealis*

pojave spada i tzv. fatamorgana. Pojavljuje se u visokim širinama Atlantika i Pacifika, kao i oko Kalabrije. To je kombinirano zrcaljenje (prema gore i prema dolje), uz različite položaje refleksivnih ploha.

**81. Nebesko plavetnilo***. — To je dnevna svjetlost koja nastaje refrakcijom i difuzijom Sunčevih zraka. Sunčeve zrake čine elektromagnetske valove i kreću se brzinom od 300 000 km/s. Put do Zemlje prijeđu otprilike za 8 minuta. Prolazeći kroz najviše slojeve atmosfere, Sunčeve zrake veoma malo slabe. Ulazeći u donje slojeve atmosfere, nailaze na sve gušće slojeve zraka, vodenu paru i druge čestice o koje se razbijaju i rasipaju na sve strane. Veličina rasipanja uglavnom zavisi od površine na koju Sunčeva svjetlost pada. Ako na česticu (površinu) padne jednaka količina crvenih i plavih zraka, u raspršenoj svjetlosti zraka bit će znatno više plavih i ljubičastih zraka nego crvenih, zato i nebo ima plavu boju. Plavetnilo neba je najizrazitije u zenitu, i to onda kada je Sunce prilično nisko.

Razne primjese (npr. prašina, soli, bakterije i dr.) koje u sebi sadrže plinovi od kojih je sastavljen zrak (t. 3) jednako utječu na lom Sunčeve svjetlosti. Zbog toga nebo nije uvijek plave boje, već ponekad i tamne, sive, bijele ili slično.

### (5) Elektrometeori

**82. Općenito.** — *Elektrometeor je vidljiva ili čujna manifestacija pražnjenja atmosferskog elektriciteta.* Električne pojave u atmosferi važne su za pomorstvo utoliko što električno stanje atmosfere može utjecati na radio-prijem i na pokazivanje magnetskog kompasa. Osim toga one su u većini slučajeva i direktni vjesnici promjene vremena (t. 224).

Na rasprostiranje radio-valova utječu olujna i tiha pražnjenja, kao i elektromagnetske pojave u atmosferi, uzrokovane električki nabijenim materijalnim česticama koje prodiru u atmosferu. Također utječu i sve one pojave koje mijenjaju električnu provodljivost zraka i njegovu homogenost. Uz to se ne smije zanemariti ni općenito stanje vremena na plovnom području.

**83. Grmljavina.** — *To je jedno ili više naglih pražnjenja atmosferskog elektriciteta koje se očituje munjom (sijevanjem) i grmljenjem.*

*Munja* (sijevanje) je svjetlosna manifestacija koja prati naglo pražnjenje atmosferskog elektriciteta. S obzirom na način pražnjenja, postoje tri vrste munja: pražnjenje unutar jednog oblaka, između dva oblaka, kao i između oblaka i Zemlje.

*Grmljenje* je oštra tutnjava ili potmulo kotrljanje koje prati munju (sijevanje).

Visoki predmeti na kopnu, kao i sam brod, zaštićuju se gromobranom. Poslije udara groma o brod potrebno je prekontrolirati devijacije magnetskog kompasa.

**84. Vatra sv. Ilije.** — *To je izbijanje elektriciteta iz raznih uzdignutih predmeta na Zemlji* (npr. iz brodskih jarbola, gromobrana ili antena) *ili iz zrakoplova u letu, kao posljedica tihog pražnjenja.* Kod velikih napetosti, za vrijeme oluja, to pražnjenje postaje vidljivo i tada se naziva vatra sv. Elma.

**85. Polarna svjetlost (aurora).** — To je jedna od najinteresantnijih svjetlosnih pojava u prirodi**. Boja ove svjetlosti obično je bjelkasta, sa žutkastim, crvenkastim i zelenkastim nijansama; rjeđe se vide plavkaste i ljubičaste nijanse. Obično se zapaža u polarnim i visokim širinama gdje je Zemljino magnetsko polje najjače (Grenland i Kanadsko otočje), i to na sjevernom dijelu horizonta za vrijeme »bijelih noći«. Javlja

* Matematičku teoriju koja objašnjava boju neba dao je Rayleigh [Rejlaj]. On je dokazao da je stupanj raspršivanja svjetlosnih zraka obrnuto proporcionalan četvrtoj potenciji duljine svjetlosnog vala.

Istraživanja stratosfere pokazala su da je, zbog sve veće razvijenosti plinova u višim slojevima troposfere i u stratosferi boja neba sve više tamnoplava i zatim tamnoljubičasta. Na većim visinama, kao i izvan atmosfere, nebeski svod izgleda crn i na njemu se i danju vide one zvijezde koje su kutno dovoljno udaljene od Sunca.

** Na principu svjetlucanja razrijeđenih plinova u Geisslerovoj [Gajsler] cijevi.



se u raznim oblicima. Najljepša je u obliku zavjese (sl. 18c), ali se češće vidi u obliku svjetlog luka, pruge i pojasa. Zrake polarne svjetlosti mogu stvoriti krunu, i tada se nebo pretvara u golemu svijetleću kupolu, po kojoj se rasipa svjetlost zelene, crvene, žute i bijele boje.

Trajanje i snaga polarne svjetlosti zavisi prvenstveno od aktivnosti Sunčevih pjega. Snažnije Sunčeve oluje popraćene su dužom polarnom svjetlošću, koja može trajati neprekidno danju i noću.

## 5. VIDLJIVOST

**86. Općenito.** — *Pod vidljivošću razumijeva se providnost atmosfere, koja se izražava najvećom horizontalnom daljinom na kojoj danju motrilac normalna vida može vidjeti i raspoznati u okolini karakteristične predmete, a noću svjetlosne izvore umjerene jačine.*

Raspoznavanje predmeta u okolini *zavisi*, među ostalim, najviše od mutnoće zraka (t. 8), osvijetljenosti (dan, noć), upadljivosti objekta (veličina, boja) i od daljine objekta.

*Mutnoća* zavisi od količine i veličine tekućih i krutih čestica koje lebde u atmosferi. Ako se te čestice (kapljice magle, čestice prašine i sl.) nalaze u zraku između predmeta i motrioca, tada do motriočeva oka dolazi svjetlost koja se difuzno odbija od tih čestica i motrilac vidi te predmete zamućeno. Što je više tih čestica u zraku (gušća magla) i što je jače osvjetljenje, to je i jača difuzija svjetlosnih zraka, pa će se i predmeti slabije razabirati. Pri sunčanom danu vidljivost je bolja gleda li se od Sunca nego prema njemu. Za mjesečine je slučaj obratan. Vidljivost je najbolja prema dijelu horizonta ispod Mjeseca, na suprotnoj je strani slabija.

Poslije kiše u zraku ima najmanje krutih čestica, pa je tada i vidljivost najbolja ako se uskoro razvedri ili oblaci budu dosta visoko. Na moru se najčešće smanjuje vidljivost kad u zraku ima kapljica vode, tj. kad je magla (t. 57).

Uz isto stanje atmosfere vidljivost neće biti jednaka danju i noću. Danju na vidljivost djeluje difuzija, a noću apsorpcija svjetlosti koja dolazi od izvora.

Između vidljivosti po danu i vidljivosti za tamnu i bistru noć (kada je vidljivost određena udaljenošću na koju se vidi svjetlosni izvor od 100 IS) pri istim atmosferskim uvjetima postoje približno ovi odnosi:

| Vidljivost danju (m) | Vidljivost noću (m) | Vidljivost danju (m) | Vidljivost noću (m) |
|---|---|---|---|
| 100 | 300 | 5 000 | 6 400 |
| 500 | 1 100 | 10 000 | 11 400 |
| 1 000 | 2 000 | 20 000 | 17 500 |
| 2 000 | 3 400 | 50 000 | 30 000 |

## 6. ATMOSFERSKI TLAK

**87. Općenito.** — *Pod atmosferskim tlakom u meteorologiji razumijeva se tlak koji pod utjecajem sile teže vrši masa zračnog stupca nad mjestom mjerenja. Za jedinicu površine obično se uzima 1 cm².* U praksi nailazimo još i na naziv barometarski ili zračni tlak. On je jedan od važnijih meteoroloških elemenata.

Svrha je proučavanja atmosferskog tlaka uočavati njegove razlike između pojedinih oblasti koje postoje trenutno, povremeno ili stalno. Te razlike uvjetuju kretanje zraka, a kao posljedica stvaraju se vremenske pojave.

*Atmosferski tlak mjeri se barometrom* (živinim ili metalnim) *ili barografom.* Prvi pokazuje trenutni atmosferski tlak, a drugi ga registrira kroz duže vremensko razdoblje (t. 155—158).

U meteorologiji veoma se često u razmatranju upotrebljava izraz *»normalni atmosferski (barometarski) tlak«.* Pod tim nazivom razumijevamo onaj *atmosferski tlak koji vlada na morskoj razini na 45° sjeverne geografske širine i pri temperaturi zraka od 0°C, a koji uravnotežuje težinu stupca žive (Hg) presjeka 1 cm² i visokog 760 mm.**

Visina žive od 760 mm u cijevi barometra ima težinu 1 033,3 g (= 76 · 13,6), po tome se zaključuje da atmosferski tlak iznosi 1,033 kg/cm². Taj tlak poznat je u fizici kao *jedna atmosfera* (at).

Budući da je specifična težina žive 13,6, težina stupca vode s bazom 1 cm² pri temperaturi od 4°C i visine 10,33m (760 mm · 13,6) isto je što i težina stupca žive istog presjeka, a visine 760 mm pri 0°C. Taj tlak poznat je u fizici kao jedna hidrostatska atmosfera.**

Za jedinicu mjere atmosferskog tlaka prije se upotrebljavao mm visine stupca živina barometra (mmHg), odnosno 1 Tor.*** Način izražavanja veličine atmosferskog tlaka u dužinskim jedinicama s teoretskog stanovišta ne odgovara. Tim zahtjevima odgovara apsolutna jedinica za silu: 1 din na 1 cm² površine. S obzirom na to da je 1 din odviše mala jedinica, uzeta je po Bjerknesu jedinica od milijun dina na površinu 1 cm², i ona je nazvana 1 bar. *Hiljaditi dio bara nazvan je milibar (mb), i on je danas uzet za jedinicu mjere atmosferskog tlaka.*

---

* U najvišem naseljenom mjestu na Zemlji, San Vicente (Bolivija), nadmorske visine 4 880 m, normalni tlak iznosi 426 mm Hg.

** Obično se uzima da stupac vode od 10 m tlači sa 1 hidrostatskom atmosferom. Na dubini mora od 100 m ukupan tlak bit će 1 at atmosferskog tlaka +10 at hidrostatskog tlaka.

*** Tor je skraćenica od Torricelli, izumitelja barometra sa živom.

Množenjem težine normalnog zračnog tlaka s ubrzanjem sile Zemljine teže (g) dobiva se zračni tlak izražen u apsolutnim jedinicama mjere CGS-sistema (p):

1 033,3 · 981 = 1 013 667 din/cm²

Živin stupac visine 1 mm, a poprečnog presjeka 1 cm², vrši tlak: 1 013 667 : 760 = = 1 333 din/cm².

Znači, tlak živina stupca izražen u mm može se pretvoriti u apsolutne jedinice ako visinu živina stupca u mm pomnožimo sa 1 333. Da bi se to preračunavanje izbjeglo, uvedena je jedinica milibar koja odgovara sili od 1 000 din/cm².



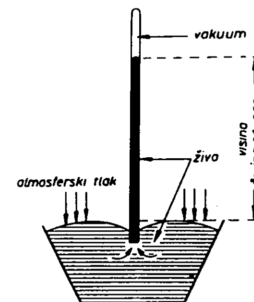
U praksi se jedne jedinice pretvaraju u druge pomoću specijalnih tablica, a *među njima postoje ovi odnosi:*

$$1\,000 \text{ mb} = 750{,}1 \text{ mm Hg } (\approx 750 \text{ mm})$$

$$1 \text{ mb} = \frac{3}{4} \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ mm Hg} = \frac{4}{3} \text{ mb} = 1{,}333 \text{ mb}$$

$$760 \text{ mm Hg} = 1\,013{,}08 \text{ mb}$$




*Sl. 19. Princip barometra sa živom*

Atmosferski tlak pada ili raste. Ta se promjena može računati kao satna, dnevna, sezonska, godišnja itd. Razlike atmosferskog tlaka od trenutka do trenutka, odnosno kretanje tlaka prema višoj ili nižoj vrijednosti u određenom intervalu vremena, naziva se *tendencija atmosferskog (barometarskog) tlaka.*

Atmosferski tlak nije svuda jednak. On zavisi ne samo od visine zračnog stupca već i od temperature i vlažnosti (gustoće) zraka. Topliji zrak se širi, postaje rjeđi i lakši, a uz to se diže uvis i otječe u susjedne (hladnije) krajeve. Tim otjecanjem atmosferski tlak slabi na mjestu odakle otječe, a pojačava se tamo gdje pritječe. Vlaga (vodena para) u zraku nije uvijek prisutna u istoj količini.

Budući da je vodena para lakša od zraka (gustoća joj je 0,623), to će po Daltonovu zakonu s povećanjem njene količine u zraku tlak padati, i obratno, tj. sa smanjenjem količine vodene pare tlak zraka će rasti.

Nezavisno od stanja temperature i vodene pare, na veličinu atmosferskog tlaka utječu i strujanja prouzrokovana kretanjem zračnih masa. U ovom slučaju promjena atmosferskog tlaka dinamičnog je karaktera, a u prethodnom ona je termičkog karaktera (t. 99).

S povećanjem nadmorske visine smanjuje se visina zračnog stupca, pa će u vezi s tim i njegova težina odnosno tlak tog stupca na jedinicu površine biti sve manji. Atmosferski tlak neravnomjerno opada s visinom. To dolazi kao posljedica opadanja gustoće zraka, i to u početku brže, a zatim sporije, što je visina veća.

**88. Ispravak i redukcija izmjerenog atmosferskog tlaka.** — Na meteorološkim stanicama atmosferski tlak se mjeri na različitim nadmorskim visinama. S obzirom na njegovu promjenu s visinom, *potrebno je sve njegove opažene vrijednosti svesti na određenu razinu, najčešće razinu mora.* To se vrši na taj način da se otčitana vrijednost s barometra najprije ispravi za grešku instrumenta, a zatim za grešku temperature, grešku nadmorske visine* i grešku zbog Zemljine teže (za geografsku širinu i nadmorsku visinu barometra). Za tu svrhu upotrebljavaju se meteorološke tablice za redukciju barometarskog tlaka, koje se nalaze u Nautičkim tablicama, izd. HI-JRM (tabl. 54—57).

---

* Za mjerenja na brodu može se bez veće greške uzeti da tlak opada za 0,1 mm za svaki metar visine barometra nad razinom mora.

P r i m j e r. Plovi se brodom po Jadranskom moru. Na zbrojenoj poziciji Pz ($\varphi$ = = 42° N; $\lambda$ = 17° E) stanje živina barometra iznosi b' = 757 mm, temperatura zraka +10°C, a visina barometra nad razinom mora 10 m. Popravak instrumenta je —0,3mm.

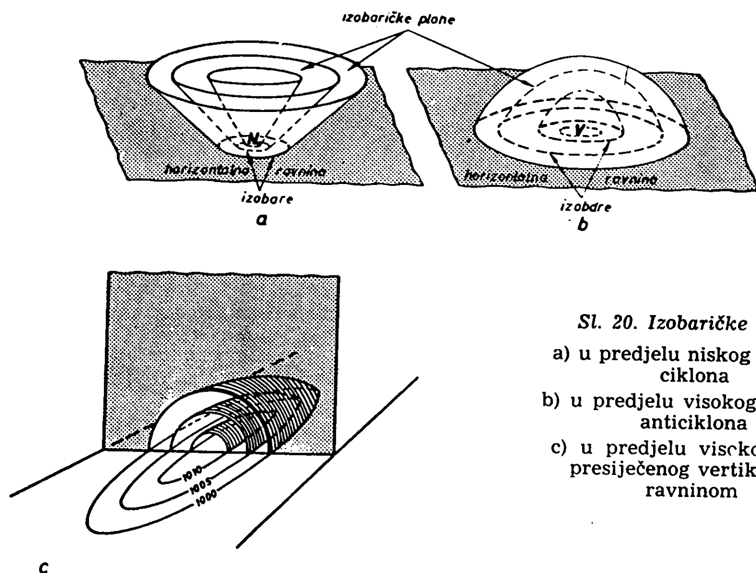
*Traži se* reducirani atmosferski tlak na razini mora ($b_0$).

*Rješenje* (upotrebom Nautičkih tablica):

| | | | |
|---|---|---|---|
| čitanje s barometra: | b' = 757,0 mm | — popravak za temperaturu (tabl. 54): | $k_t$ = —1,2 |
| + popravak instrumenta: | ki = —0,3 mm | — popravak za visinu (tabl. 55): | $k_v$ = +0,9 |
| barometarski tlak: | b = 756,7 mm | — popravak za silu teže: | $k_{st}$ = —0,2 |
| + ukupni popravak: | ku = —0,5 mm | = za širinu (tabl. 56) $k\varphi$ = 0,21<br>= za visinu (tabl. 57) $k_v$ = 0,00 | |
| reducirani tlak | $b_0$ = 756,2 mm<br>$b_0$ = 1 008,1 mb | ukupni popravak | $k_u$ = —0,5 |

**89. Izobare i izobarički oblici.** — *Visinska udaljenost za koju se moramo uzdignuti ili spustiti da se veličina atmosferskog tlaka promijeni za 1 mm naziva se barička (barometarska) stopa.* U najnižem sloju atmosfere ona iznosi 10 m, na visini od 40 do 50 km iznosi već oko 10 km, a čitav ostali dio atmosfere sačinjava manje od polovice baričke stope. S povećanjem atmosferskog tlaka i smanjenjem temperature, vrijednost baričke stope se smanjuje, i obrnuto.

*Plohe iste gustoće zraka i istog atmosferskog tlaka nad određenim područjem zovu se izobaričke plohe* (sl. 20). Pri normalnom stanju atmosfere, bez poremećaja, tj. kad postoji stabilna stratifikacija zračne mase, te plohe imaju vodoravan položaj. U svim slučajevima kada izobaričke plohe ne teku vodoravno one sijeku Zemljinu površinu po zamišljenim crtama različitih oblika. Sva mjesta koja se nalaze na crti istog presjecišta imaju isti atmosferski tlak.




*Sl. 20. Izobaričke plohe*

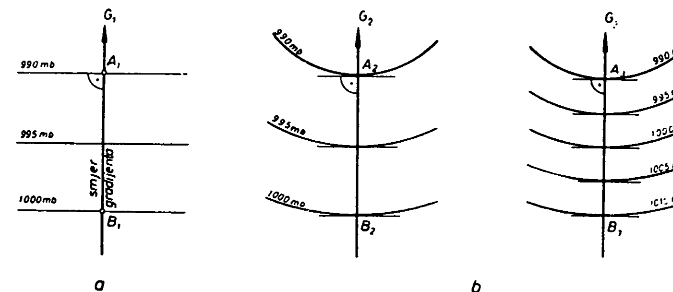
a) u predjelu niskog tlaka — ciklona

b) u predjelu visokog tlaka — anticiklona

c) u predjelu visokog tlaka presiječenog vertikalnom ravninom



Znači, *presjeci izobaričkih ploha s horizontalnim ravninama daju crte istog atmosferskog tlaka,* a to su i z o b a r e. Ako istovremeno izmjerene atmosferske tlakove na pojedinim meteorološkim stanicama svedemo na razinu mora, unesemo na geografsku kartu i crtama spojimo sve tačke istog tlaka, dobit ćemo niz izobara koje će nam dati sliku baričkog polja, tj. podjelu atmosferskog tlaka i elemente baričkog gradijenta. Izobare se crtaju intervalom od 4 ili 5 mb (sl. 22. i 29).




*Sl. 21. Smjer baričkog gradijenta*

a) pravocrtne izobare   b) zakrivljene izobare

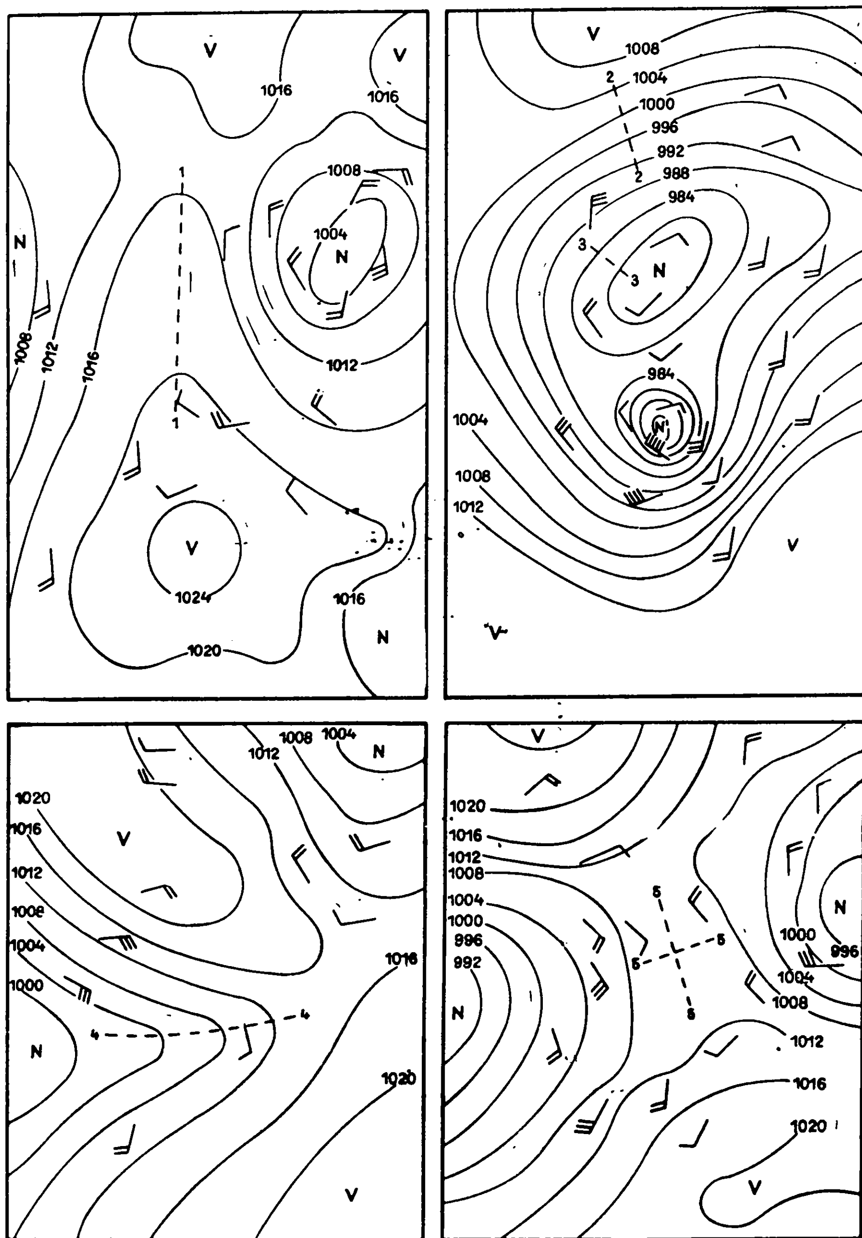
$\overline{A_1B_1} = \overline{A_2B_2} = \overline{A_3B_3}$   $G_1 = G_2$   $G_3 > G_2$

*Razlika atmosferskog tlaka između dvije tačke na istoj razini razmaknute u smjeru njegova najvećeg pada na jedinicu udaljenosti (60 M ili 111 km, što odgovara vrijednosti 1° meridijana), zove se barički (barometarski) gradijent* (sl. 21). Znači, barički gradijent je sila koja i m a *pravac, smjer i intenzitet.* Pravac baričkog gradijenta uvijek je okomit na izobare. Smjer baričkog gradijenta ide od mjesta višeg atmosferskog tlaka prema mjestu nižeg atmosferskog tlaka, a intenzitet je određen razlikom atmosferskih tlakova na horizontalnoj udaljenosti od 111 km. Što je intenzitet baričkog gradijenta veći, to je i brzina vjetra veća, odnosno brzina vjetra je to veća što izobare teku gušće. U srednjim geografskim širinama horizantalni barički gradijent rijetko je veći od 2,0 mb (1,5 mm), a redovno je i znatno manji. Gradijenti od 5 mb, i jači, u našim su širinama rijetki.

U daljnjim izlaganjima govorit će se samo o horizontalnom baričkom gradijentu. Proračun srednjeg baričkog gradijenta po karti izobara vidi se iz slijedećeg p r i m j e r a.

*Najkraća udaljenost (d) između najbližih tačaka (dviju izobara) je 100 M, a razlika tlakova (p) svedena na razinu mora 6 mb. Veličina barometarskog gradijenta (bg) u tom slučaju bit će*

$$b_g = \frac{p \cdot 60}{d} = \frac{6 \cdot 60}{100} = \frac{360}{100} = 3,6 \text{ mb.}$$




*Sl. 22. Tipovi izobara i izobarički oblici*

1 — 1 = greben (jezik, klin) visokog tlaka, 2 — 2 = pravocrtne izobare, 3 — 3 = kružne izobare, 4 — 4 = dolina niskog tlaka, 5 — 5 = sedlo, N = ciklon (depresija), N' = sekundarni ciklon (depresija), V = anticiklon



Na svakoj karti izobara (sinoptičkoj karti), koja obuhvati dovoljno veliko područje, *većina su ucrtanih izobara zatvorene krivulje oko predjela visokog (V) odnosno niskog tlaka (N)** Međutim, na kartama koje obuhvaćaju manju površinu one mogu biti i otvorene.

Predio koji se nalazi u unutrašnjosti zatvorenih izobara naziva se *barički maksimum*, odnosno *barički minimum*, zavisno od toga da li se unutar izobara nalazi visoki ili niski atmosferski tlak u odnosu prema tlaku s vanjske strane izobara. Između maksimuma i minimuma izobare su sve manje zakrivljene. Kada ne bi bilo posebnih utjecaja, izobare bi za određeno područje i odgovarajući razmak bile pravocrtne. Međutim, *na sinoptičkim kartama izobare su crte različitih oblika, ali uglavnom vijugave.*

*Određeno geografsko područje prikazano na sinoptičkoj karti sa svim svojim baričkim specifičnostima naziva se barički sistem.* Zavisno od oblika i međusobnog odnosa izobara, barički sistem karakteriziraju različiti oblici i tipovi izobara (sl. 22). Svaki barički sistem ističe se svojim osobitim oblikom vremena. Nalazi se u neprekidnom preobražaju, jer se na svakom mjestu utjecajem vjetra mijenja i zračna masa, a time i sam atmosferski tlak. To se može primijetiti usporede li se sinoptičke karte nekoliko susjednih termina (t. 217).

*Ciklon* je osnovni barički sistem koji u sistemu zatvorenih izobara u svom središtu ima barički minimum. *Depresije* su prostranije baričke oblasti niskog atmosferskog tlaka. Slične su ciklonima, ali imaju slabiji barički gradijent i slabije izražen minimum.

*Anticiklon* je osnovni barički sistem koji u sistemu zatvorenih izobara u svom središtu ima barički maksimum. Postoje i oblasti visokog tlaka sa slabije izraženim maksimumom. Katkada u njima umjesto jednog ima nekoliko slabo izraženih središta visokog tlaka.

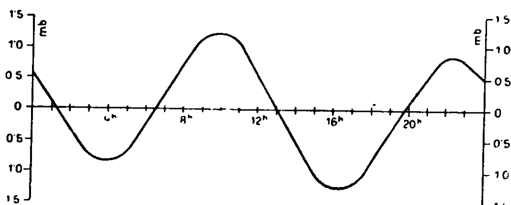
Cikloni i anticikloni osnovni su oblici baričkih sistema. *Uvale, jezici* i *klinovi,* kao i *sekundarni cikloni* i anticikloni, izvedeni su oblici baričkih sistema jer nastaju na periferiji osnovnih oblika. *Sedla* i *doline niskog tlaka,* kao i *grebeni* i *jezgra visokog tlaka,* prijelazni su oblici jer nastaju između osnovnih ili izvedenih oblika baričkih sistema. (sl. 22. i 29).

**90. Dnevne i godišnje promjene atmosferskog tlaka.** — One mogu biti periodične i neperiodične. Daljnje izlaganje odnosi se na periodične promjene.

*Dnevne promjene atmosferskog tlaka* zavise od geografske širine i od mjesnih prilika. U normalnim prilikama promjena tlaka u toku dana obilježena je sa svoja dva područja visokog tlaka (maksimuma — tlak veći od 1 013 mb) i dva područja niskog tlaka (minimuma — tlak manji od 1 013 mb). Tlak se povećava između 04.00 i 10.00 sati, isto tako i između 16.00 i 22.00 sata, a pada između 10.00 i 16.00 sati i zatim između 22.00 i 04.00 sata. Jutarnji maksimum je normalno veći od večernjeg, a poslijepodnevni minimum manji od jutarnjeg.

---

* Označava se i sa A (ANTICIKLON) i D (DEPRESIJA). Engleske i američke karte imaju oznake H (HIGH) odnosno L (LOW), a njemačke H (HOCH), odnosno T (TIEF).



*Sl. 23. Tipične promjene atmosferskog tlaka u tropima*

U tropskim predjelima, naročito nad oceanima, promjene atmosferskog tlaka izrazito su pravilne i vidne (do 3 mb) (sl. 23). Nepravilnosti u dnevnim promjenama tlaka nagovještavaju pojavu ciklona blizu dotičnog područja. Najveće su dnevne promjene tlaka na ekvatoru (3—4 mb), a manje prema polovima. Također, one su mnogo izrazitije na kontinentu nego na moru. U srednjim geografskim širinama one su slabo izrazite (u $\varphi = 60^0$N iznosi oko 0,3 mb) i često prikrivene drugim nepravilnim promjenama (odsutnost nepravilnih promjena znak je stabilnog vremena). U visokim širinama dnevne su promjene praktički neznatne.

*Godišnje promjene atmosferskog tlaka* pokazuju znatno različite karakteristike iz jedne oblasti u drugu. Općenito se može reći da u srednjim širinama postoji ljeti jedno područje niskog tlaka (minimum) i zimi jedno područje visokog tlaka (maksimum) nad kontinentalnim predjelima, a jedan ljetni maksimum i jedan zimski minimum nad oceanima.

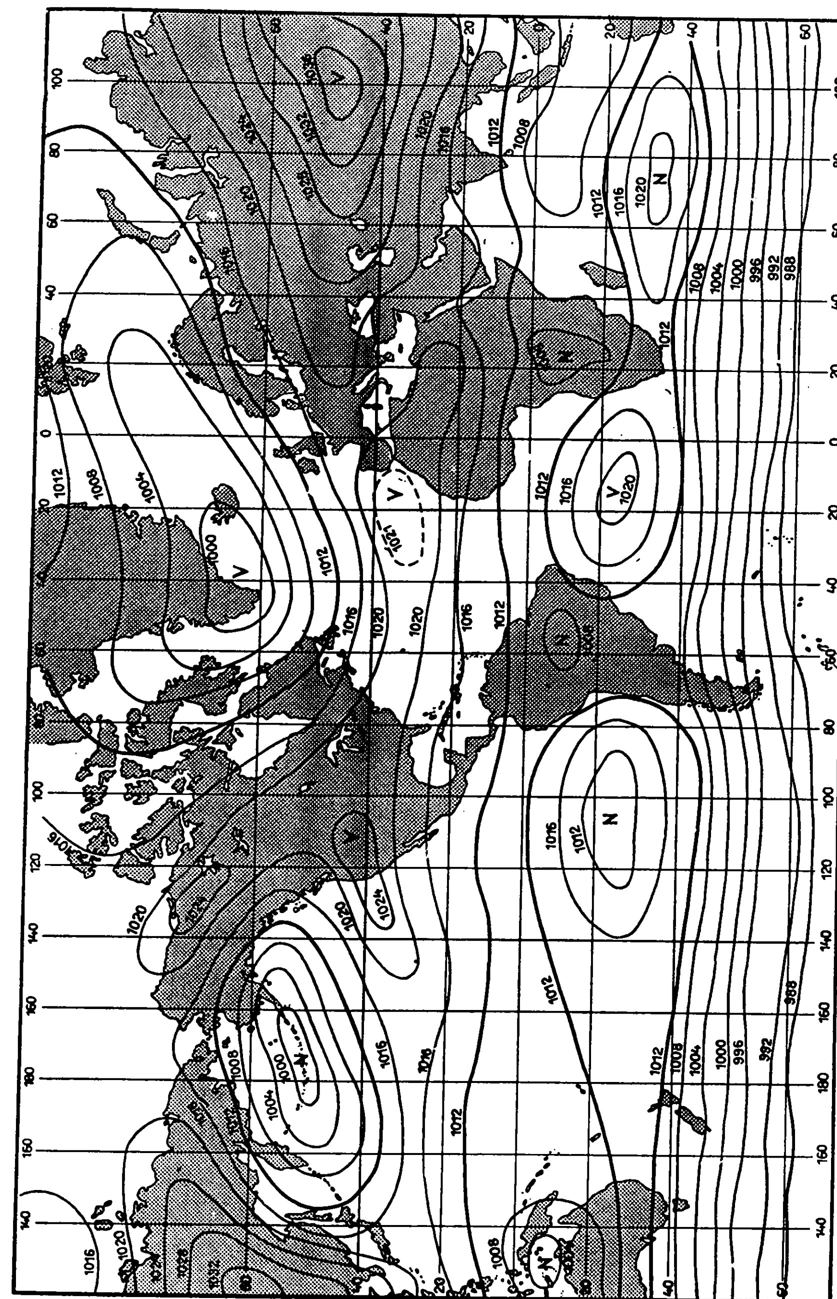
*Ljeti* se kopno ugrije jače nego more, zrak postaje rjeđi (tlak slabiji) nego onaj okolni i zato se uzdiže, a zatim spušta na ocean koji je hladniji (tlak veći). Kao posljedica toga javlja se jedan minimum nad kontinentom i jedan maksimum nad oceanom.

*Zimi* je obratna pojava: kopno se hladi jače od oceana i tlak se nad njim povećava. Nad relativno toplijim morem javlja se slabiji tlak.

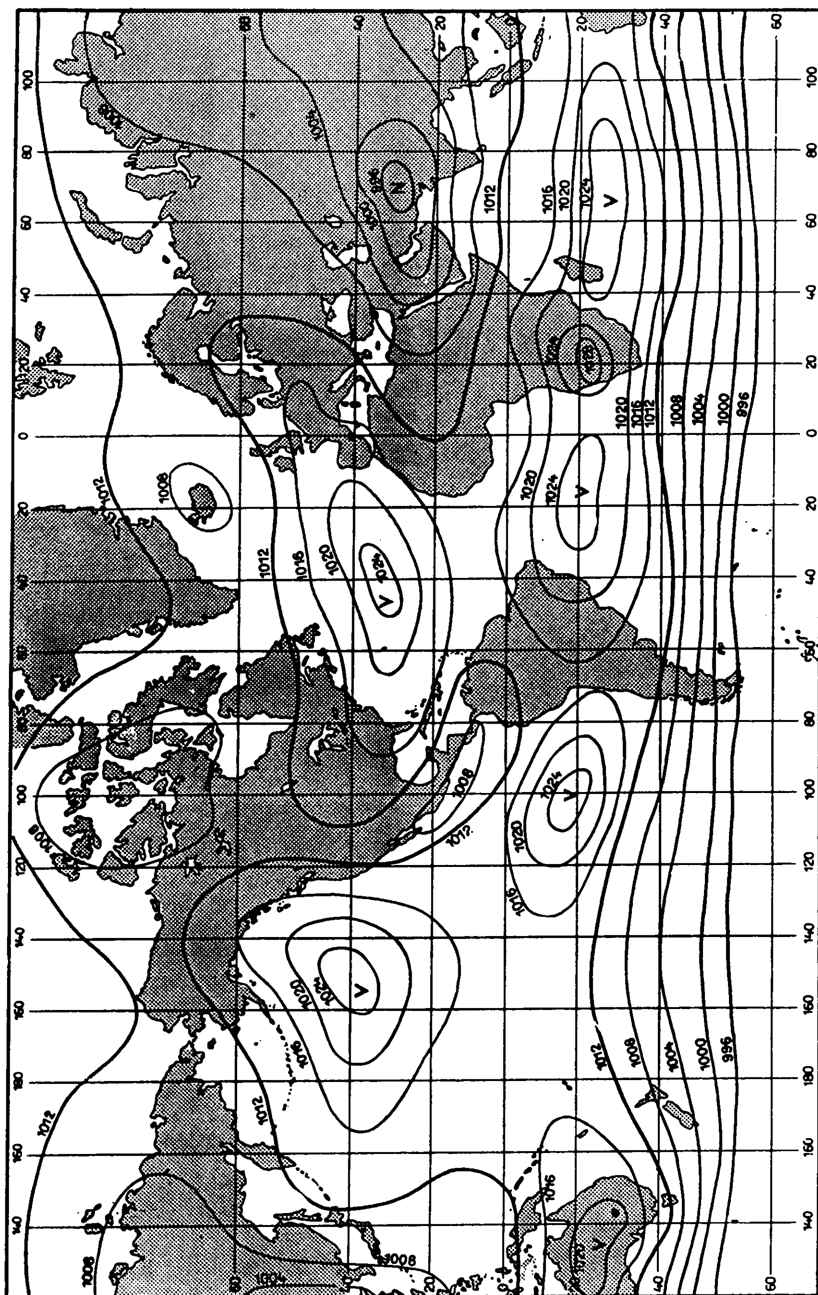
**91. Geografska raspodjela atmosferskog tlaka na Zemlji.** — Razdioba vjetrova u tijesnoj je vezi s razdiobom atmosferskog tlaka. Od raspodjele atmosferskog tlaka zavisi i stanje vremena na dotičnom području za odnosno razdoblje vremena. Iznad predjela s visokim atmosferskim tlakom (maksimumom) prevladava lijepo vrijeme, i obratno, na onim predjelima gdje vlada nizak tlak (minimum) prevladava ružno vrijeme. Da bi slika o raspodjeli atmosferskog tlaka na jednoj površini za određeno razdoblje bila jasna, potrebno je imati posebne karte izobara, crtane na osnovi srednjih vrijednosti tlakova mjerenih mjesecima odnosno godinama.

Slike 24. i 25. prikazuju karte izobara za siječanj i srpanj. Analizirajući te karte izobara, dolazimo do ovih zaključaka: Duž termičkog ekvatora pruža se stalan pojas niskog tlaka (niži od 1 013 mb). Prema sjeveru i jugu od ekvatora tlak nad oceanima raste, i u geografskim širinama oko $30^0$—$35^0$ postoji pojas stalnog visokog tlaka (suptropski maksimum — tlak iznad 1 013 mb). U ljetnim mjesecima veoma zagrijani kontinenti stvaraju nad sobom predjele niskog tlaka i tako prekidaju pojas visokog tlaka i on se zadržava samo nad oceanima. Središta visokog tlaka (oko 1 024 mb) u Atlantiku su oko Azorskih otoka (azorski





*Sl. 24. Srednje izobare za mjesec siječanj*



*Sl. 25. Srednje izobare za mjesec srpanj*

maksimum) i u Pacifiku zapadno od Kalifornije (kalifornijski maksimum). Od drugih središta visokog tlaka poznati su još sudanski i arktički maksimum i zimski srednje-azijski i sibirski maksimum. Dalje prema polovima tlak ponovo opada i u širini oko 60° postoji područje stalnog niskog tlaka. U tom području na sjevernoj hemisferi tlak je naročito nizak zimi (siječanj) kada se središte niskog tlaka (oko 1 000 mb) nalazi u Atlantiku južno od Islanda (islandski minimum) i u Pacifiku južno od Aleutskih otoka (aleutski minimum). Na južnoj hemisferi tlak je u području 60° geografske širine stalno niži od 1 013 mb. Od širine 60° prema polovima atmosferski tlak postepeno raste. Nad polovima postoji područje stalnog visokog tlaka.

Stalna područja atmosferskog tlaka mijenjaju svoje položaje u toku godine u skladu s prividnim kretanjem Sunca.

Nad kontinentima nalaze se tzv. sezonska područja atmosferskog tlaka. Izrazite su promjene tlaka nad Azijom: u siječnju srednji tlak iznosi do 1 040 mb, a u srpnju pada do 997 mb. Takva raspodjela atmosferskog tlaka ima posebno značenje za vremenske prilike u Indijskom oceanu (zimski i ljetni monsun).

## 7. ZRAČNA STRUJANJA — VJETAR

### (1) Općenito

**92. Vrste zračnih strujanja.** — Zbog nejednaka zagrijavanja Zemljine površine i njene atmosfere poremećuje se ravnotežno stanje **atmosfere** u njenim vertikalnim i horizontalnim pravcima. Posljedica toga su **zračna** strujanja, koja mogu biti horizontalna, vertikalna, kosa i kružna.

Horizontalno strujanje *čestica zraka nazivamo* vjetar. Takva strujanja nazivamo još i *advekcijska strujanja.* Ona vrlo utječu na karakter vremena jer su glavni uzrok nepravilnim promjenama pojedinih meteoroloških elemenata. Mogu biti na visini ili u prizemlju. Prema smjeru mogu biti konvergentna i divergentna strujanja (sl. 26).

zona konvergencije
zona divergencije
c
d
a
b

*Sl. 26. Vrste strujanja*

a) i b) prizemno konvergentno odnosno divergentno strujanje

c) i d) divergentno odnosno konvergentno strujanje u vertikalnom presjeku

V e r t i k a l n a   s t r u j a n j a *nastaju u labilnoj atmosferi kada je vertikalni gradijent temperature veći od adijabatskog gradijenta.* Bez obzira na njihov smjer, ta se strujanja nazivaju *konvektivna.*

K o s a   s t r u j a n j a *javljaju se na orografskim preprekama i na frontovima* (t. 182) zbog prisilnog uzdizanja odnosno spuštanja zračnih masa.

Vertikalna i kosa strujanja mogu biti *ascendentna (uzlazna) i descendentna (nizlazna).* Ta strujanja imaju posebno termodinamičko značenje.

Pored navedenih zračnih strujanja postoje još v r t l o ž n a   s t r u j a n j a. *Takva strujanja mogu biti oko horizontalne osi* (danji i noćni vjetrovi) *ili oko vertikalne osi* (pijavica, tornado), *a mogu imati dinamički ili termički karakter.*

*Dinamičko vrtložno strujanje* nastaje kada zrak pri horizontalnom strujanju naiđe na razne topografske prepreke ili građevine. Ono je to jače što je brzina horizontalnog strujanja veća.

*Termičko vrtložno strujanje* nastaje zbog nejednaka zagrijavanja podloge dvaju obližnjih mjesta ili zbog velike razlike u temperaturi između Zemljine površine i viših slojeva troposfere. Vrlo je izraženo ljeti i u toku dana (kad puše vjetar s mora).

Zračna strujanja nastoje da izjednače nastale razlike u atmosferskom tlaku nad dotičnim područjem (baričkim sistemom) i da se ponovo uspostavi ravnoteža atmosfere (prestane vjetar). Međutim, stalne promjene meteoroloških elemenata podržavaju nejednoliku raspodjelu atmosferskog tlaka nad Zemljinom površinom, zbog čega dolazi do zatvorenih zračnih strujanja koja se nazivaju **k r u ž n a   z r a č n a   s t r u j a n j a** ili cirkulacija zraka. Ovisno o prostoru koji obuhvaćaju, ta strujanja mogu biti opća, regionalna i lokalna.

***Opća cirkulacija u atmosferi*** je stalan sistem atmosferskog strujanja planetarnih razmjera ili s ograničenjem na troposferu. Posljedica takvih strujanja, koja se javljaju u područjima pod utjecajem stalnih maksimuma i minimuma, jesu ***stalni vjetrovi*** (t. 99).

Na *regionalnu cirkulaciju zraka* utječu sezonski maksimumi (anticikloni) i minimumi (cikloni), nastali nejednakim zagrijavanjem velikih površina kopna i mora u pojedina godišnja doba. Ta cirkulacija ima godišnji period. Vjetrovi s godišnjim periodom, koji pušu pola godine s mora, a pola godine s kopna prema moru, poznati su pod nazivom *monsuni.*

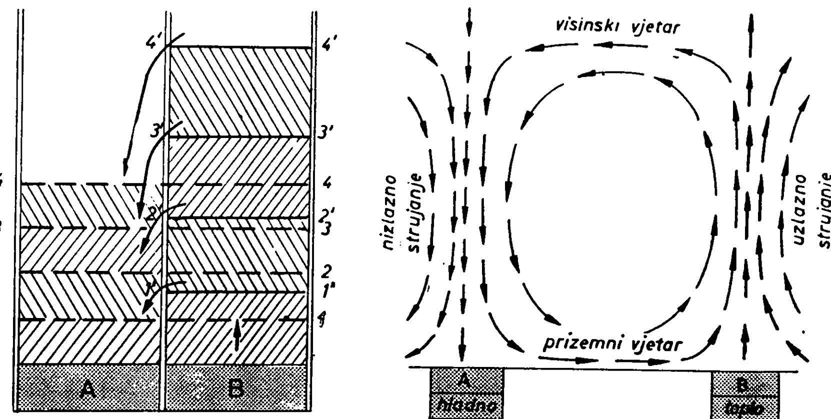
***Lokalna cirkulacija zraka*** ima isti karakter kao i regionalna, samo je ograničena na pojedina područja. Vjetrovi koji pri tome nastaju zovu se *lokalni vjetrovi.* Cirkulacija zraka normalno ima dnevni period (vjetar s mora i vjetar s kopna, odnosno dolinski vjetar — danik i gorski vjetar — noćnik). Takvi vjetrovi zovu se *dnevni vjetrovi.*

Lokalni vjetrovi, kao posljedica lokalne raspodjele atmosferskog tlaka, u pojedinim područjima mogu duže vremena imati približno isti smjer i ne velike promjene u brzini. Oni podržavaju odnosne vremenske prilike, tj. daju karakter vremena dotičnom području. Kod nas su to bura, jugo, košava i vardarac.

Iz naprijed iznijetog vidi se da postoji neposredna veza između podjele atmosferskog tlaka i vjetra, ali da su glavni uzrok svih strujanja promjene u meteorološkim elementima, a u prvom redu promjene temperature.

**93. Postanak vjetra.** — Kad se u atmosferi ne poremećuje postojeće ravnotežno stanje, gustoća zraka i atmosferski tlak mijenjaju se pravilno s visinom.






*Sl. 27. Postanak vjetra*

Plohe iste gustoće i tlaka, tj. izobaričke plohe, nad određenim područjem se poklapaju i teku vodoravno, pa ne može doći do zračnog strujanja. Poremećenjem tih uvjeta nastat će situacija kako to pokazuje sl. 27.

Dok su temperature dijelova Zemljine površine A i B jednake, izobaričke plohe 1—1, 2—2, 3—3 . . . nalaze se iznad jedne i druge površine na istoj visini. Jačim zagrijavanjem npr. površine B, zrak iznad nje postaje topliji (lakši) i kao takav se uzdiže, a izobaričke plohe zauzimaju novi položaj 1′—1′, 2′—2′, 3′—3′ . . . Kao posljedica toga, u višim slojevima troposfere zrak će se prelijevati niz izobaričke plohe s toplijeg (višeg) zračnog stupca u hladniji (niži).

Ascendentno strujanje toplog zraka izaziva smanjenje atmosferskog tlaka nad mjestom B. Povećanje atmosferskog tlaka nad mjestom A posljedica je descendentnog strujanja hladnog zraka. Zbog poremećenja ravnotežnog stanja atmosfere u njenom vertikalnom i horizontalnom pravcu, javlja se horizontalno strujanje zraka, tj. vjetar. U višim slojevima atmosfere vjetar puše od mjesta nižeg tlaka (toplog predjela) prema mjestu većeg tlaka (hladnom predjelu) a u nižim slojevima od mjesta većeg tlaka (hladnog predjela) prema mjestu nižeg tlaka (toplom predjelu). Bržim zagrijavanjem zraka nad mjestom B nastaju i veće visinske razlike između izobaričkih ploha nad mjestom B u odnosu prema onima nad mjestom A, pa će i zrak strujati brže, odnosno vjetar biti jači.

**94. Elementi vjetra.** — *Osnovni su elementi vjetra njegov pravac, smjer i brzina, odnosno jačina.* S tim vektorskim elementima vjetar je potpuno određen. *Pri rješavanju praktičnih zadataka* za elemente vjetra dovoljni su *smjer i brzina.*

*Smjer vjetra* procjenjuje se po kompasu (kompasnoj ruži), i to od one tačke horizonta odakle vjetar puše.

*Brzina vjetra* je brzina kretanja čestica zraka u prostoru. Redovno se izražava u m/s, km/h, ili čv (M/h).

*Jačina vjetra* je djelovanje koje vjetar proizvodi na neku površinu*. Procjenjuje se odoka na osnovi Beaufortove [Bofor] skale (t. 160).

Tačnija mjerenja elemenata vjetra izvode se posebnim instrumentima, tzv. vjetromjerima (anemometar i anemograf).

*Smjer vjetra zavisi od smjera baričkog gradijenta, a njegova brzina (jakost) od vrijednosti samog gradijenta, tj. oni direktno zavise od stanja u dotičnom baričkom sistemu* (t. 87—88).

**95. Uzroci skretanja vjetra.** — S obzirom na prije iznijeto, *pod utjecajem horizontalne komponente baričkog gradijenta trebalo bi da vjetar puše u smjeru samog gradijenta,* tj. direktno od mjesta većeg atmosferskog tlaka prema mjestu nižeg atmosferskog tlaka. Međutim, usporedimo li stvaran smjer vjetra u prirodi sa smjerom gradijenta na sinoptičkoj karti, ustanovit ćemo da je smjer vjetra bliže toku izobara nego gradijentu.

*Uzroci skretanja vjetra od smjera baričkog gradijenta jesu:* rotacija Zemlje — Coriolisova [Koriolis] sila, trenje zračnih čestica (vanjsko — o površini Zemlje i unutrašnje — trenje zračnih čestica u samoj zračnoj masi) i centrifugalna sila (kod baričkog sistema s kružnim izobarama).

Coriolisova (devijacijska) sila. Kada Zemlja ne bi rotirala oko svoje osi, pod utjecajem baričkog gradijenta zrak bi se kretao okomito na izobare i najkraćim putem od mjesta visokog tlaka prema mjestu niskog atmosferskog tlaka. Međutim, ako su izobare ravne crte, vjetar ipak ne puše okomito na njih, već usporedo s njima. Uzrok tome je Coriolisova sila (D), kao posljedica rotacije Zemlje. Ta sila uvijek djeluje u horizontalnoj ravnini i okomito na meridionalnu komponentu kretanja svakog tijela koji se kreće nad Zemljinom površinom (zrak—vjetar, zrakoplov, projektil i dr.) i zbog toga uzrokuje samo promjenu smjera njegova gibanja. Vrijednost intenziteta devijacijske Coriolisove sile (D), tj. njena horizontalna komponenta, data je formulom: $D = 2\omega \cdot m \cdot v \cdot \sin \varphi$ ($2\omega = 0{,}000\,146$), gdje je $\omega$ = kutna brzina rotacije Zemlje (radijan/s); m = masa u kretanju (vjetra), v = brzina vjetra, a $\varphi$ geografska širina. Analiza ove formule u odnosu prema promjeni v i $\varphi$ daje i promjenu utjecaja Coriolisove sile na smjer vjetra: ako je v ili $\varphi$ nula, onda je i D = 0; ako raste v odnosno $\varphi$, raste i D; na polu, gdje je $\varphi = 90^0$, D je maksimalno ($2\omega m v$) i vjetar puše uzduž izobara (u skladu s Buys Ballotovim pravilom).

Pravilo da *svaki vjetar na sjevernoj hemisferi skreće udesno od smjera gradijenta, a na južnoj hemisferi ulijevo od smjera gradijenta,* možemo objasniti na ovaj način. Brzina rotacije neke tačke na površini Zemlje u $\varphi = 0^0$ je 465 m/s, u $\varphi = 30^0$ iznosi 403 m/s, u $\varphi = 60^0$ iznosi 232,5 m/s, a na polu je nula (opada za cos $\varphi$). Uzmimo da zračna čestica, pod utjecajem baričkog gradijenta, ima npr. brzinu 20 m/s i kreće se po sjevernoj hemisferi od ekvatora prema polu. Ona zadržava svoj moment rotacije, ali kada stigne u $\varphi = 30^0$, njena rotaciona brzina bit će 465 m/s, a ne 403 m/s. Posljedica toga je njeno izmicanje (u $\varphi = 30^0$) prema istoku (udesno) za 62 m/s. Konstruiramo li paralelogram sila čije su komponente 20 m/s prema N i 62 m/s prema E, dobit ćemo rezultantu oko 65 m/s, skrenutu udesno od početnog pravca vjetra.**

Analogno ovome može se dokazati skretanje vjetra udesno i zakretanje zračnih čestica (vjetra) od pola prema ekvatoru, a tako isto i skretanje vjetra na južnoj hemisferi.

Pored ostalih uzroka, koji uz prethodni utječu na smjer vjetra, jedan od glavnih je trenje čestica zraka.

---

* Tlak (p) koji vrši vjetar na neku površinu proporcionalan je kvadratu njegove brzine ($v^2$):
$$p = k \cdot v^2$$

** Utjecajem horizontalne komponente kutne brzine Zemlje $\omega \sin \varphi$, horizont motrioca prividno rotira oko vertikale u suprotnom smjeru rotacije Zemlje (s atmosferom). Slično se ponaša slobodan žiro s početnim položajem osi prema sjeveru. Vidi Navigacija I, t. 45. i 46.



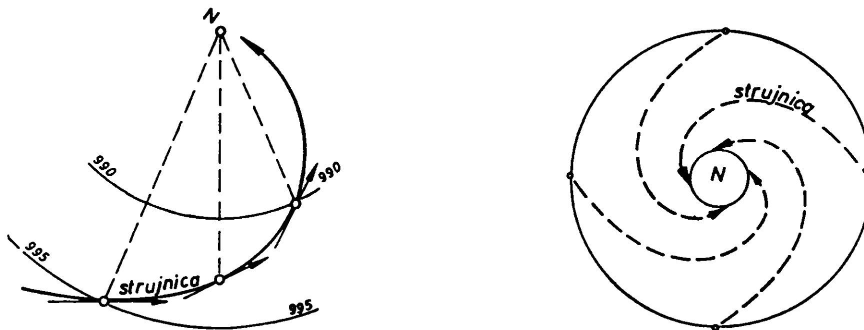
Sila trenja. Ta sila, koja nastaje unutrašnjim i vanjskim trenjem čestica zraka, djeluje na brzinu i na smjer vjetra.

a) $\text{tg}\alpha = \dfrac{2 \cdot \omega \cdot \sin \varphi}{k}$ b) $R = -k \cdot v$ $k^* = \dfrac{2 \cdot \omega \cdot \sin \varphi}{\text{tg}\alpha}$

$\alpha$ = kut skretanja vjetra od gradijenta, k = koeficijent trenja čija se veličina može odrediti gornjom formulom, $\varphi$ = geografska širina, v = brzina vjetra, a R = intenzitet sile vanjskog trenja.

Analiza gornjih formula daje sve potrebne elemente o utjecaju trenja na smjer i brzinu vjetra. Posebno treba napomenuti da formula a) pokazuje da je *kut otklona vjetra od smjera gradijenta veći što je koeficijent trenja (k) manji, a geografska širina ($\varphi$) veća.* To znači da je zbog slabijeg trenja otklon vjetra od smjera gradijenta na moru veći nego na kopnu i da on *raste s povećanjem visine.* Uz Zemljinu površinu na vjetar djeluju različite prepreke koje utječu na njegov smjer i brzinu. Pogotovu je oslabljena brzina vjetra, jer sila vanjskog trenja (R) ima isti pravac kao i vjetar, ali suprotan smjer. S povećanjem visine vjetar je stalniji i veće brzine.

Centrifugalna sila. U baričkom sistemu sa zatvorenim izobarama (ciklon i anticiklon) zračne mase kreću se po krivim stazama — strujnicama (sl. 28). Pored već nabrojenih sila, kao komponenta ubrzanja djeluje još i centrifugalna sila. Pri ciklonalnom strujanju zraka ona ima isti pravac i smjer kao i devijacijska sila (D). U anticiklonalnom strujanju zraka pravac joj je isti, a smjer suprotan od devijacijske sile. Intenzitet centrifugalne sile (F) iznosi: $F = \frac{v^2}{r}$, gdje je v = brzina vjetra, a r = radijus zakrivljenosti staze zračne čestice. Iz formule se vidi da je utjecaj centrifugalne sile upravo proporcionalan kvadratu brzine ($v^2$), a obrnuto proporcionalan radijusu kružne putanje (r). Udaljavanjem od Zemlje raste v, što znači da raste i centrifugalna sila (F), pa je i skretanje vjetra od smjera gradijenta sve veće.



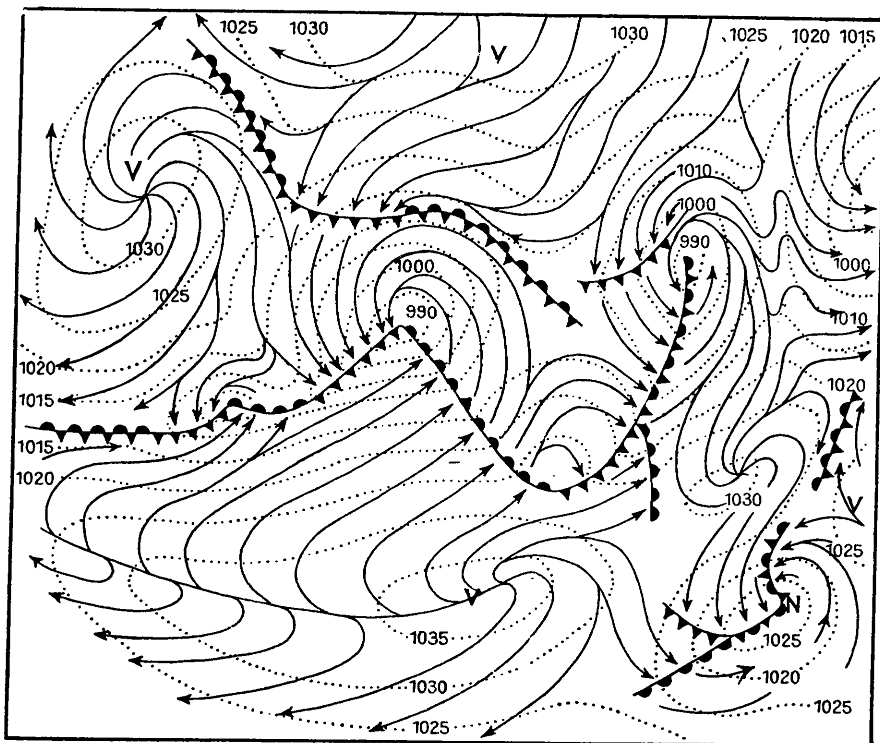

*Sl. 28. Strujanje čestica zraka (strujnice)*

Zaključak: *Coriolisova (devijacijska) sila,* kao posljedica rotacije Zemlje, uzrokuje samo skretanje vjetra od baričkog gradijenta, tj. promjenu smjera vjetra: na sjevernoj geografskoj hemisferi udesno od smjera gradijenta, a na južnoj ulijevo od njega.

---

* Guldberg—Mohnova formula za izračunavanje koeficijenta trenja (k), za $\varphi = 61^0$ i kut otklona od smjera gradijenta $\alpha = 56{,}5^0$, daje koeficijent k = 0,000 084 530

Po Guldbergu i Mohnu sila trenja djeluje protivno smjeru vjetra, a po J. W. Sandströmu djeluje također protivno smjeru vjetra, ali na sjevernoj hemisferi nešto udesno a na južnoj ulijevo. Za Srednju Evropu kut otklona ($\alpha$) je oko $38^0$.




*Sl. 29. Shema strujnica koje odgovaraju izobarama (na slici prikazane tačkasto)*

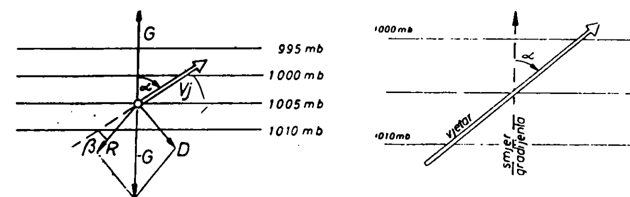
*Trenje*, kao i *centrifugalna sila*, utječu i na brzinu i na smjer vjetra. Općenito, nad vodenom površinom trenje je slabije i zato je nad morem vjetar jači nego nad kopnom. Iznad ravnih površina više od 700 m visine utjecaj trenja je neznatan. Zbog toga, kao i pod utjecajem centrifugalne sile, vjetar skreće tolikc od baričkog gradijenta da puše paralelno s izobarama. Trenje je tijesno povezano s turbulencijom vjetra (t. 97.).

U tropskim predjelima, gdje je Coriolisova sila vrlo slaba, centrifugalna sila je dominantna. Zbog toga je i stvaranje stacioniranog anticiklonskog strujanja nemoguće u niskim širinama.

Mjerenjima je ustanovljeno da *vjetar skreće* od smjera gradijenta i da puše u smjeru koji s izobarama zatvara promjenljivi kut čija se srednja vrijednost kreće 20°—30°. Taj je kut manji što je brzina vjetra veća; u zavisnosti od gradijenta, on opada od ekvatora prema polovima. Manji je nad morem (10°—20°) nego nad kopnom (30°—40°) jer nad morem utjecaj trenja praktički ne postoji. Na visinama, gdje ne postoji trenje (praktički iznad 700 m nad morem), vjetar puše paralelno sa samim izobarama.

Na osnovi iznijetog, ako imamo karte s ucrtanim izobarama nekog baričkog reljefa, možemo odrediti približan smjer vjetra. Isto tako, poznajemo li smjer



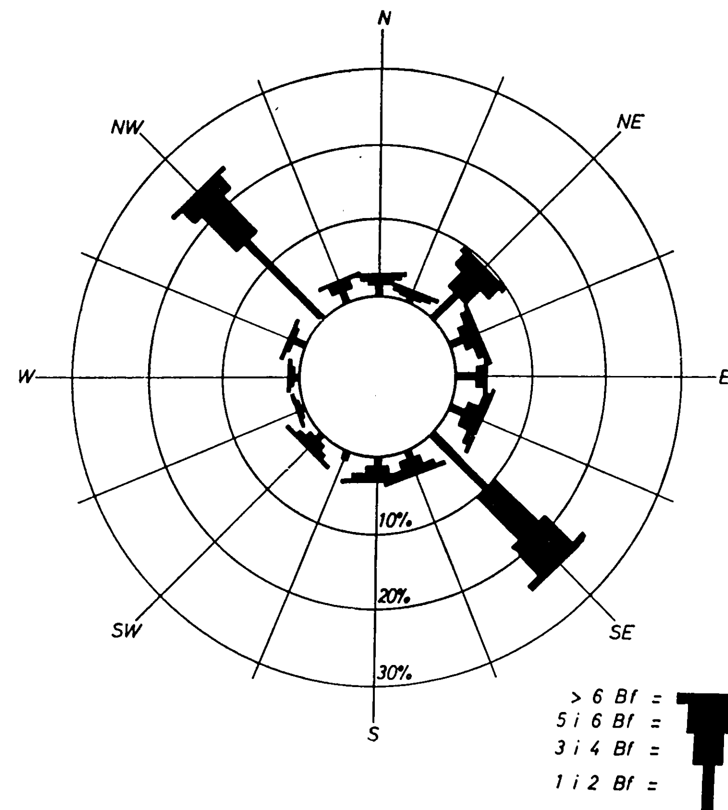



*Sl. 30. a Sile koje utječu na skretanje vjetra;* G — sila gradijenta, D — devijacijska sila, R — sila trenja, *α* — kut skretanja, Vj — smjer vjetra.

*Sl. 30. b Skretanje vjetra na sjevernoj hemisferi* (desni dio)

vjetra u nekoj tački određenog baričkog reljefa, možemo procijeniti i smjer baričkog gradijenta.

Nizozemski profesor *Buys Ballot [Bajs Balot] postavio je pravilo prema kojemu* se procjenjuje položaj niskog (visokog) atmosferskog tlaka u određenom baričkom reljefu: *ako promatrač okrene lice prema smjeru pravog vjetra, sredi-*




*Sl. 30. c Ruža vjetrova za stanicu Lastovo* (1957—1961)

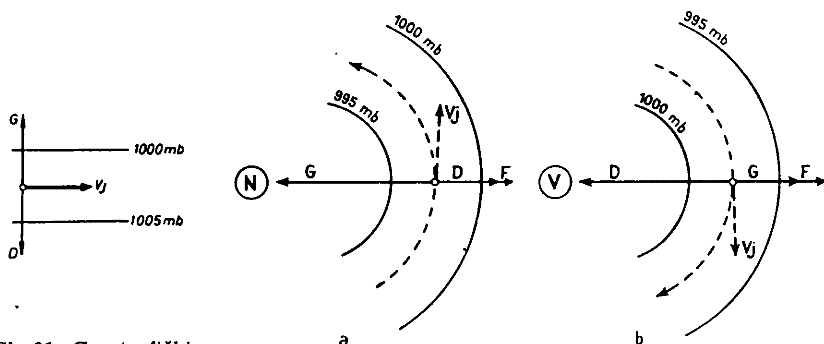
*šte niskog tlaka bit će zdesna i nešto natrag (8—12 zraka) na sjevernoj hemisferi, a slijeva i nešto natrag na južnoj hemisferi.* Središte visokog tlaka je na suprotnoj strani.

Često je potrebno znati učestalost (frekvenciju) vjetra na izvjesnom mjestu za određeno vremensko razdoblje. Ona može biti opća (pojava vjetra u izvjesnom vremenu bez obzira na smjer i brzinu), po smjeru (određuje prevladavajući vjetar), po brzini (određuje učestalost javljanja vjetrova različitih brzina) i po smjeru i brzini. Učestalost elemenata vjetra najpraktičnije se prikazuje putem dijagrama ruže vjetrova (sl. 30c). Za tišine se obično upotrebljava kratica C (calme). Taj sistem prikazivanja vjetra primijenjen je i na pilotskim kartama (v. Navigacija I, t. 31).

**96. Geostrofički i gradijentni vjetar.** — Na visini koja se nalazi iznad nivoa trenja (> 700 m) pod utjecajem devijacijske sile vjetar teži da puše što bliže izobarama. Ako su izobare pravocrtne (ortodrome) i usporedne, takav vjetar zove se *geostrofički vjetar*. Vjetar koji puše uzduž zakrivljenih izobara zove se *gradijentni vjetar.*

*Slika 31.* prikazuje slučaj s pravocrtnim izobarama. Ako se zanemari sila trenja (R), tada na kretanje zračnih čestica djeluju samo dvije horizontalne sile: barički gradijent — G (okomit na izobare i usmjeren prema mjestu niskog tlaka) i devijacijska sila — D (okomita na stazu kretanja zračnih čestica). Te sile su jednake po jačini, istog su pravca, ali suprotnog smjera. Sila G drži ravnotežu sili D (i R). Čestice zraka kreću se pravocrtno i jednakomjerno, tj. stacionirano. Smjer vjetra je okomit na pravac gradijenta i na pravac devijacijske sile. To znači da je *pravac vjetra paralelan* sa izobarama. To je geostrofički vjetar.

*Slika 32. prikazuje* slučaj s krivocrtnim izobarama. Takav je raspored izobara kod ciklona (t. 188) i anticiklona (t. 195) sjeverne hemisfere. Ako zanemarimo trenje, na zračne čestice u kretanju djeluju tri sile: barički gradijent (G), devijacijska sila rotacije Zemlje (D) i centrifugalna sila (F). Kod ciklona sila F ima isti pravac i smjer kao i sila D, a sila G drži ravnotežu silama D i F (+R). Kod anticiklona sila F ima isti pravac, ali suprotan smjer od sile D. Na jednu stranu djeluju sile G i F, a na drugu D (+R). Ukoliko sila D (+R) drži ravnotežu silama G i F, to će i u ovom slučaju postojati stacionirano kretanje zračnih čestica, pa će smjer vjetra biti okomit na pravac gradijenta (i sile D i F). *To je gradijentni vjetar.* Skretanje vjetra je i u tom slučaju udesno od pravca gradijenta na sjevernoj hemisferi, ali je kut skretanja manji kod anticiklona nego kod ciklona. Zbog takvog rasporeda i djelovanja sila na




*Sl. 31. Geostrofički vjetar*
G — sila baričkog gradijenta, D — devijacijska sila, Vj — geostrofički vjetar

*Sl. 32. Gradijentni vjetar*
a) pri ciklonskom strujanju, b) pri anticiklonskom strujanju
G — sila baričkog gradijenta, D — devijacijska sila, F — centrifugalna sila, Vj — gradijentni vjetar



zračne čestice u kretanju, strujanje zraka nije direktno od mjesta visokog prema mjestu niskog tlaka. *Kod ciklona* se javlja konvergentno strujanje (t. 92) sa skretanjem udesno (na N hemisferi) od smjera gradijenta i zbog toga nastaje vrtložno strujanje u smjeru koji je suprotan kretanju kazaljke na satu. *Kod anticiklona,* koji ima divergentno strujanje (t. 92), također sa skretanjem udesno, vrtložno strujanje ima smjer kretanja kazaljke na satu. Na južnoj hemisferi je obratno.

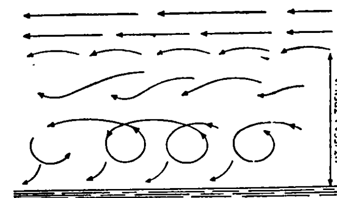
Prizemni vjetar, kao posljedica trenja, ne puše tačno uzduž izobara, već pod nekim kutom, i to otklonjen prema strani niskog tlaka. Njegov smjer nad oceanom odstupa 1—2 zrake od smjera izobara, i to s otklonom prema strani niskog tlaka. Stvarna vrijednost kuta otklona zavisi od veličine trenja i geografske širine. Trenje utječe i na smanjenje brzine vjetra (t. 95), i to na vrijednost koja je manja od brzine geostrofičkog vjetra. Iznad kopna trenje je različito, ali se može kazati da brzina prizemnog vjetra varira između 2/3 i 1/2 brzine geostrofičkog vjetra zavisno od mjesta motrenja.

Vremenska (sinoptička) karta obično sadrži dijagram geostrofičkog vjetra s podjelom na čvorove. Brzina prizemnog vjetra na bilo kojem dijelu karte može se dobiti pomoću specijalnog prozirnog ravnala koje ima skalu s podjelom na čvorove. Ravnalo se postavi okomito na tangentu izobare u dotičnoj tački na karti. Ako je potrebno, uzima se još u obzir i popravak za geografsku širinu.

**97. Struktura zračnih strujanja (vjetra).** — Čestice zraka mogu se kretati usporednim stazama, koje se međusobno ne presijecaju. Takvo strujanje naziva se *laminarno.* Laminarna struktura vjetra rijetko se zapaža, i to samo pri vjetru male brzine.

Zbog trenja između pojedinih čestica zraka i trenja čestica s tlom, putanje se čestica presijecaju i u zračnom strujanju nastaju mnogobrojni vrtlozi. Takvo strujanje zraka zove se *turbulentno.* Turbulentno gibanje zračnih čestica uglavnom prevladava u prizemnim slojevima troposfere (do 700 m). *(Dokaz:* lepršanje zastave, miješanje dima, prašine, snježnih pahuljica i sl.). Redovno se s povećanjem brzine vjetra povećava i stupanj turbulentnosti zraka. Zbog turbulencije zračnih strujanja vjetar je po brzini i smjeru veoma promjenljiv.

*Promjene (skokove) u brzini vjetra,* koji nastaju zbog turbulencije zračnih strujanja, nazivamo *mahovitost (pulzivnost) vjetra.* Učestalost i veličina tih skokova određuje karakter vjetra. Vjetar kod kojeg mahovitost neke njegove srednje brzine ne prelazi ±5 m/s naziva se *miran ili ravnomjeran (ustaljen).* Međutim, vjetar kod kojeg mahovitost prelazi tu granicu naziva se *mahovit (pulzivan ili rafalan).* Vjetar sa znatnim i oštrim povećanjima srednje brzine u razmjerno kratkom vremenu, koje se izmjenjuje s periodima slabljenja vjetra, zove se *olujni.* Olujni su obično jaki vjetrovi. Naglo povećanje srednje brzine vjetra, u relativno malom razmaku vremena, zove se *udar vjetra (reful).* Obično su ti udari (refuli) popraćeni tipičnim olujnim oblacima i pljuskovitim oborinama, pa sačinjavaju čitav kompleks meteoroloških pojava (nevere i sl., t. 111, 210—212).




*Sl. 33. Shema turbulentnog strujanja uz Zemljinu površinu*

*Po smjeru,* vjetar može biti *stalan* i *promjenljiv* (nestalan). Vjetar čiji se smjer relativno brzo mijenja bez ikakve pravilnosti zove se *nestalan (promjenljiv).* Ako nema naglih promjena smjera, tada se naziva stalan. Nestalan je vjetar onaj koji od glavnog (prevladajućeg) smjera češće mijenja smjer iznad 45⁰. Najveće promjene u strukturi vjetra nastaju kada vjetar s mora prelazi obalne skupine otoka.

Vjetar utječe na širenje zvučnih signala i o tome za vrijeme plovljenja treba voditi računa.*

**98. Dnevne i godišnje promjene vjetra.** — O dnevnim promjenama smjera i brzine vjetra može se govoriti samo pri stabilnom lijepom (anticiklonalnom) vremenu. Izrazite dnevne promjene *smjera i brzine vjetra,* pod utjecajem lokalnih prilika, javljaju se kod primorskih i planinskih vjetrova. Ali i kod vjetrova koji ne zavise od lokalnih prilika, pri vedrom vremenu u toku dana primjećuju se izvjesne pravilne promjene.

Smjer nekog stalnog vjetra u toku dana uglavnom se mijenja prema kretanju Sunca (»prati Sunce«). Uveče i noću najčešće se javljaju sjeverni vjetrovi. Toj dnevnoj promjeni smjera vjetra uzrok je u nejednakom zagrijavanju Zemljine površine s one strane odakle Sunce grije u odnosu prema suprotnoj strani. Prije podne zrak se kreće i prema zapadu, a poslije podne prema istoku. Zbog rotacije Zemlje istočni vjetar postaje gotovo južni, a zapadni gotovo sjeverni.

Brzina nekog stalnog vjetra također ima svoje dnevne promjene. Noću se atmosferski tlak uravnotežuje, a odmah po izlasku Sunca ta se ravnoteža poremećuje i javlja se slab vjetar. Oko 09.00 sati vjetar dobiva srednju jačinu, a zatim jača i oko 13.00 sati postiže svoj dnevni maksimum brzine. U daljem toku vjetar lagano slabi tako da oko 18.00 sati pada ispod svoje srednje dnevne vrijednosti.

***Dakle, vjetar počinje danju, a smiruje se noću, maksimalnu brzinu doseže oko 13.00 sati, a minimalnu oko izlaska Sunca.***

Dnevne amplitude brzine vjetra zavise od dnevne amplitude temperature zraka. Te su amplitude slabije zimi i za oblačnog vremena, a veće ljeti i kad je vrijeme vedro.

Na otvorenom moru dnevne promjene vjetra su minimalne, praktički ne postoje.

Godišnje promjene *smjera i brzine vjetra* u pojedinim područjima Zemlje nemaju pravilan tok, već uglavnom zavise od lokalnih prilika. Može se načelno reći da u visokim geografskim širinama i na obalama izloženim vjetru maksimum vjetra javlja se u zimsko doba godine, a u unutrašnjosti kontinenta u proljeće (ožujak — srpanj). Godišnji minimum u unutrašnjosti kontinenta pada obično u kolovozu, a na obalama u lipnju i srpnju.

Geografska podjela vjetrova na Zemlji navedena je u t. 99.

---

* U mirnoj atmosferi (bez vjetra), pri jednoličnoj vlažnosti i temperaturi, zvuk se pravilno širi na sve strane. Utjecajem vjetra, u zavjetrini se zvučni signali brzo i slobodno šire prema gore, a zatim strmo spuštaju prema moru. Zbog toga ti zvučni valovi lakše izbjegavaju razne prepreke i prekrivaju čitavu morsku površinu. Pored toga, brzina širenja zvuka niz jači vjetar naročito se povećava. U privjetrini zvuk se sporije diže prema gore, duže se rasprostire uz morsku površinu, a zatim savija naglo prema gore i gubi se u visokim slojevima atmosfere. Zbog toga se zvučni signali bolje i dalje čuju niz vjetar nego uz vjetar. Pri vjetru koji puše protiv rasprostiranja zvuka, za čujnost signala naročito su važni visina zvučnog izvora, položaj zvučnog izvora i okolna topografija koja može stvarati zvučne sjene.



### (2) Stalni vjetrovi

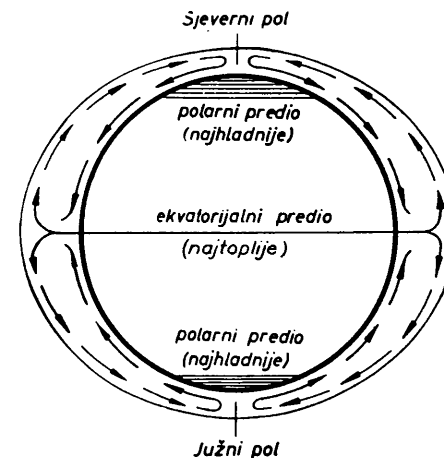
**99. Postanak i geografska podjela.** — Nejednako zagrijavanje Zemljine površine uzrok je i različitoj podjeli atmosferskog tlaka (t. 89.—91). Zbog toga se u atmosferi formiraju stalna zračna strujanja koja čine opću cirkulaciju atmosfere. Tu cirkulaciju sačinjavaju stalni vjetrovi troposfere: pasati, antipasati, zapadni vjetrovi i istočni (polarni) vjetrovi.

Pretpostavimo da opće strujanje u atmosferi ima kružni karakter, tj. da ono ima zatvorene putanje, da je Zemlja nepomična, a njezina površina homogena. U tom slučaju opća cirkulacija atmosfere razvijala bi se na *jednostavan način* kako to prikazuje sl. 34. Hladne zračne mase polarnih predjela kretale bi se po Zemljinoj površini u pravcu meridijana prema ekvatoru. Dolaskom u toplije ekvatorijalne predjele one bi se uzdigle na odgovarajuću visinu i zatim uputile prema polovima, gdje bi se ponovo spustile prema Zemljinoj površini. Odatle bi počele ponovnu prizemnu cirkulaciju prema ekvatoru.

*Stvarna situacija* u Zemljinoj atmosferi nije tako jednostavna. Rotacija Zemlje, trenje, stvarna raspodjela temperature i atmosferskog tlaka, kao i drugi elementi, utječu na izmjenu ovako zamišljene cirkulacije, pa je *opća cirkulacija u atmosferi* sastavljena od nekoliko međusobno povezanih kružnih strujanja pojedinih zračnih masa.

*U međutropskom pojasu* ($\varphi$ = 30⁰N do $\varphi$ = 30⁰S, u visini do 2 000 m) zračne mase struje iz tropa prema ekvatoru i skretanjem udesno na sjevernoj hemisferi (t. 95) javlja se prizemni sjeveroistočni vjetar (NE), a na južnoj hemisferi, zbog skretanja ulijevo, javlja se jugoistočni vjetar (SE). Ti vjetrovi nazivaju se *pasati* (trade winds, alisei).

U *ekvatorijalnom pojasu,* zbog konvergencije zračnih masa iz smjera NE i SE, nastaje uzlazno strujanje, kojoj pojavi pridonosi i uzdizanje zraka zbog jačeg zagrijavanja ovih predjela Zemlje. U tom pojasu niskog tlaka zbog jakih uzlaznih strujanja nema naročitih prizemnih horizontalnih strujanja, ali u visinama pušu jaki istočni vjetrovi. To je *pojas ekvatorijalnih tišina* (doldrums calme) širine 200—400 M (u Atlantiku ima položaj između 3⁰N i 9⁰N), poznat po razdoblju kiša i razdoblju lijepog suhog vremena, kao i po olujama s grmljavinom (thunderstroms).



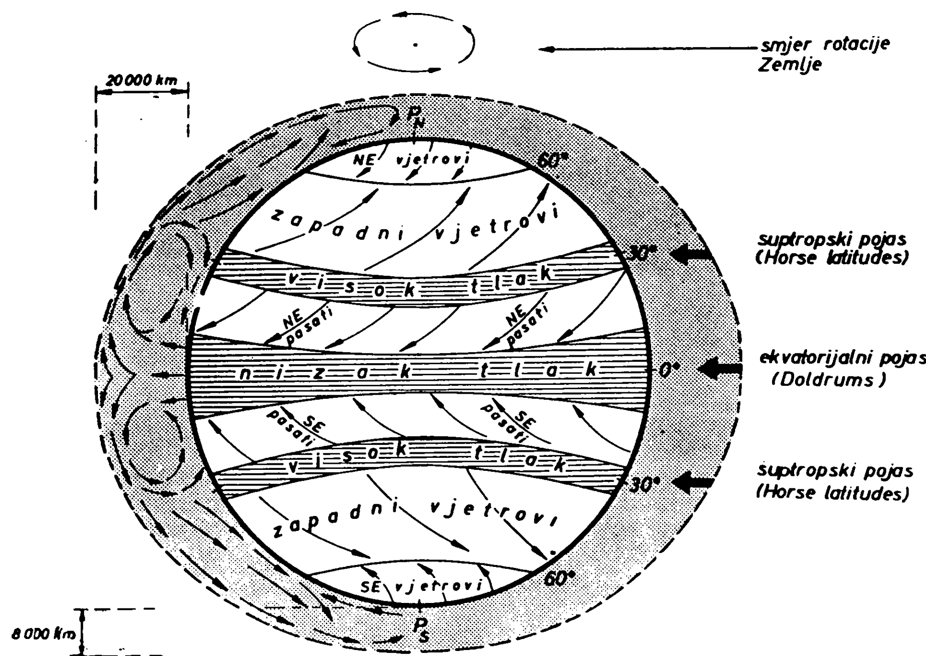

*Sl. 34. Idealna cirkulacija zračnih masa u atmosferi*

*Ekvatorijalna vertikalna strujanja* zračnih masa na određenoj visini usmjeravaju se prema polovima prouzrokujući u gornjim slojevima atmosfere (troposfere) visinske vjetrove iz SW na sjevernoj hemisferi, a vjetrove iz NW na južnoj hemisferi. Ti visinski vjetrovi nazivaju se *antipasati.*

Između pasata i antipasata postoji prijelazni sloj veće ili manje debljine s vjetrovima pomjenljiva smjera.

Goleme ekvatorijalne zračne mase ne mogu u cijelosti produžiti put do pola zato što konvergiraju ($R < \Delta\lambda$) i što na njih utječe Coriolisova sila rotacije Zemlje. Nagomilavanje tih masa u *(sub)tropskom pojasu* na geografskoj širini od 30° do 35°N (S) tako je veliko da veći dio napušta početni pravac kretanja i spušta se prema Zemljinoj površini, od koje divergiraju i kao prizemna strujanja nastavljaju svoj put prema ekvatoru i polovima (sl. 35). U tom pojasu visokog tlaka zbog jakih silaznih strujanja (pojas suptropskih širina — horse latitudes* — varira od 30° do 35°N (S), zavisno od položaja termičkog ekvatora) ne mogu se razviti izraziti vjetrovi, već vladaju tišine ili slabi vjetrovi promjenljiva smjera. Time je kružno strujanje zračnih masa između tropa zatvoreno.

Horizontalna prizemna zračna *strujanja u međutropskoj cirkulaciji* očito su u skladu s geografskom podjelom atmosferskog tlaka (t. 91). Direktnim istraži-




*Sl. 35. Opća cirkulacija zračnih masa u atmosferi — stalni vjetrovi*

* Španjolci su u XV—XVII st. poslije otkrića Amerike često upadali u središta tih tišina. Zbog nestašice hrane morali su bacati u more svoje konje, pa su ih prozvali konjske širine (horse latitudes).



vanjima spoznalo se da uzduž termičkog ekvatora postoji jedan ekvatorijalni pojas niskog tlaka a u svakom tropu između paralela 30° — 35°N (S) po jedan pojas (sub)tropskog visokog atmosferskog tlaka (maksimuma). Dok je visoki tlak u (sub)tropskom pojasu dinamičkog karaktera, niski tlak u ekvatorijalnom pojasu pretežno je termičkog karaktera.

*U zoni između (sub)tropskog pojasa i polarnih predjela* cirkulacija atmosfere mnogo je složenija od one u međutropskoj zoni, što se može ustanoviti jedino dugotrajnim klimatološkim istraživanjima. Dosadašnja istraživanja potvrdila su da atmosferski tlak opada uglavnom pravilno od tropa do subpolarnog pojasa ($\varphi = 60°$N i S), a zatim prema polovima počinje rasti. Zbog toga zračne mase u prizemnim slojevima kreću se od (sub)tropskog pojasa visokog atmosferskog tlaka prema subpolarnom pojasu niskog tlaka (minimum). Na tom putu one na već poznat način skreću udesno i tako nastaju prizemni vjetrovi iz smjera SW do W na sjevernoj hemisferi i prizemni vjetrovi iz smjera NW do W na južnoj hemisferi. Ti vjetrovi s povećanjem geografske širine (t. 95) skreću sve više prema zapadu i zato se čitava ta zona zove *zona zapadnih vjetrova* (westerlies). Zbog konvergencije meridijana zona tih vjetrova gotovo je upola manja od zone pasata, pa zato i pušu većom jačinom. U te vjetrove ubraja se i visinsko strujanje zračnih masa koje produžuje prema polu.

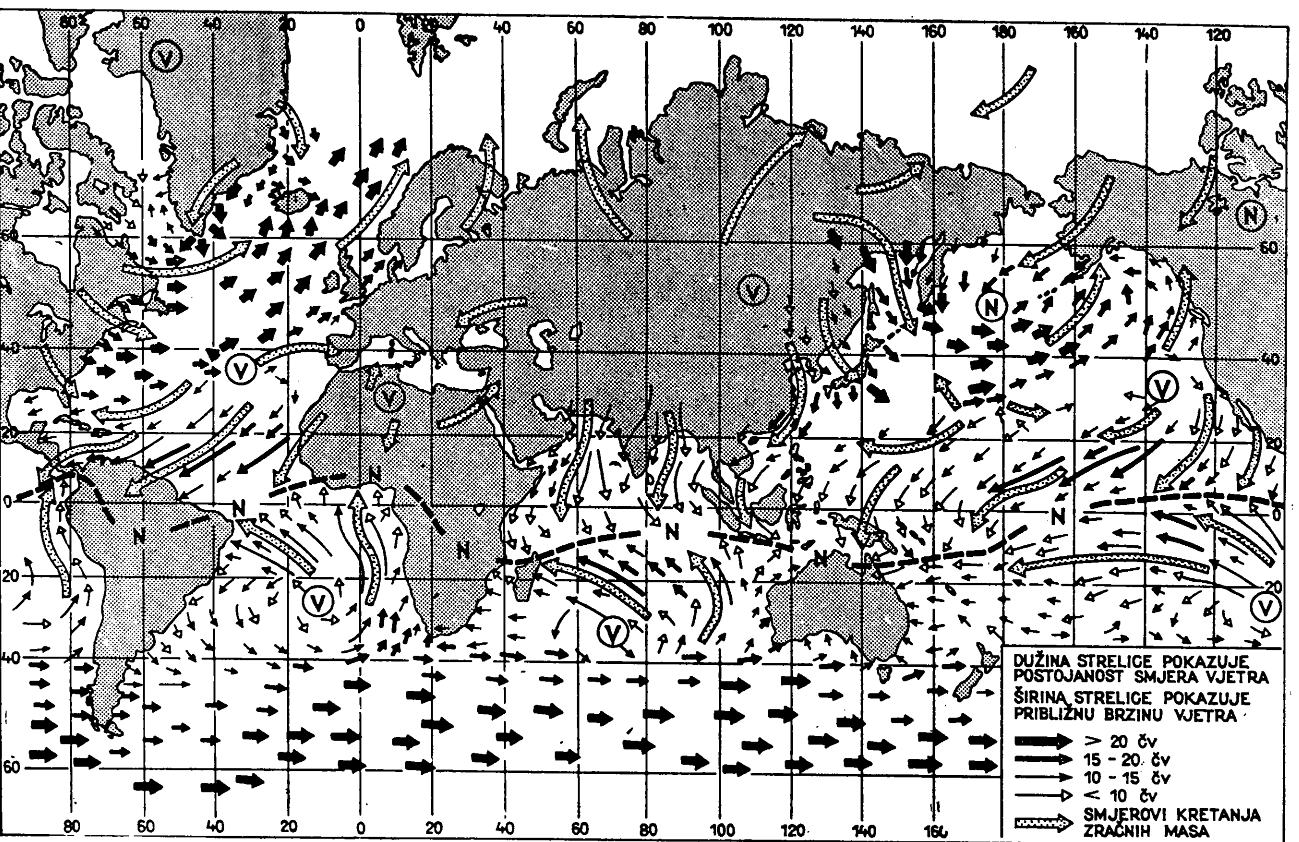
Toplinske prilike u većim geografskim širinama nisu tako jednolike kao u tropskim krajevima. Zbog toga je pojas (sub)tropskog visokog tlaka oko paralele 35°N i S neprekidan samo u zimskim mjesecima. Ljeti vrlo zagrijano kopno stvara nad sobom polje niskog tlaka koje prekida obruč suptropskog maksimuma. Zapadni vjetrovi na istočnom dijelu oceana prelaze u ljetno doba postepeno u pasatne vjetrove, a na zapadnom dijelu oceana obrnuto, pasati prelaze u zapadne vjetrove. Na taj je način horizontalna cirkulacija pojedinih oceana potpuno zatvorena.

Hladni polarni zrak ima veliku gustoću i zbog toga nad oba pola neprestano postoji kalota hladnog i teškog zraka, s većim atmosferskim tlakom koji prodire prema ekvatoru.

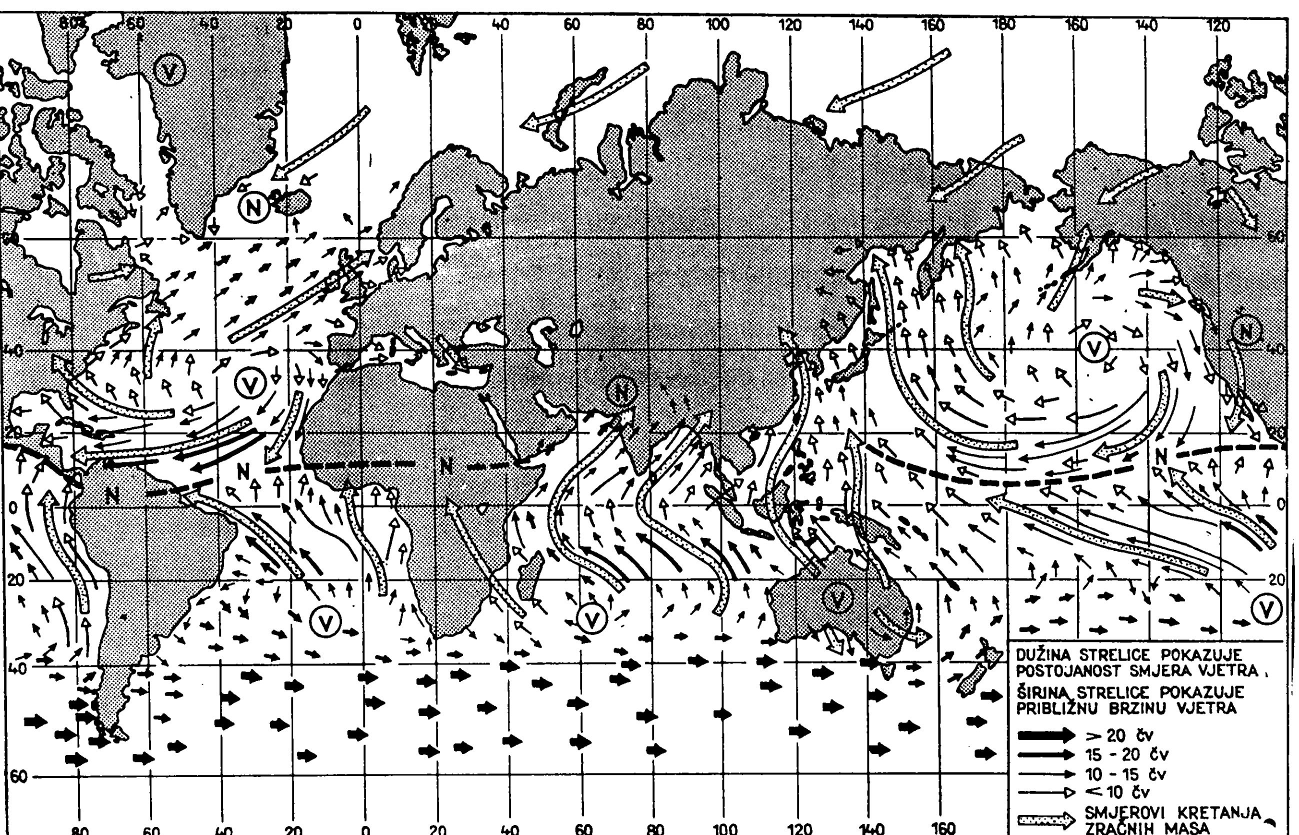
*U širinama većim od 60° do 65° N (S),* zbog postojanja stalnog polarnog visokog tlaka barički gradijent usmjeren je od polova prema pojasu subpolarnog niskog tlaka (minimuma). Zbog skretanja udesno, odnosno ulijevo, pušu pretežno *istočni vjetrovi.* Ti vjetrovi nazivaju se *polarni vjetrovi.*

Kretanje visinskih vjetrova u zonama između subpolarnog pojasa i polova još nije posve ispitano. Može se ipak konstatirati da se zračne prizemne mase, koje struje od (sub)tropskog pojasa visokog tlaka i od polova prema subpolarnom pojasu niskog tlaka, pri sudaru uzdižu u visinu da bi se ponovo slijevale iz visina u izvorne predjele i na taj način zatvorile kružna kretanja zračnih masa između tropa i polova (sl. 35). Iz toga proizlazi da je niski atmosferski tlak u subpolarnom pojasu prvenstveno dinamičkog karaktera.

**100. Karakteristike pasata.** — Sjeveroistočni pasat (NE) zahvaća oceanska područja približno između ekvatora (ekvatorijalnog minimuma) i paralele 30°N (suptropskog maksimuma), a jugoistočni *pasat* (SE) između ekvatora i paralele 30°S. Jačina (3—5 Bf) i smjer (NE odnosno SE) pasata približno su konstantni u toku cijele godine. *Pušu prosječnom brzinom oko 13 čv* (6,5m/s), a mogu postići maksimalnu brzinu do 18 čv (9 m/s). Na svršetku zime na obje hemisfere pasati pušu i s većom snagom. U tom razdoblju pušu više sa sjevera, a ljeti više s istoka.




*Sl. 36. Prizemni vjetrovi u siječnju i veljači*




*Sl. 37. Prizemni vjetrovi u srpnju i kolovozu*

To su relativno suhi i hladni vjetrovi, ali s ugodnom temperaturom.* More je umjereno valovito. Nebo je većinom vedro (s malim Cu-oblacima) i kiše su veoma rijetke. To se objašnjava time što pasati prenose hladnije zračne mase iz viših širina u niže pa se zagrijavaju, i zrak ima manju relativnu vlagu.

Prostor koji zahvaćaju pasati uvjetovan je Sunčevom deklinacijom (položajem termičkog ekvatora) i zato se njegove granice u toku godine mijenjaju. Te su promjene za južnu hemisferu minimalne, a za sjevernu hemisferu dostižu 8°—10° (na Atlantiku i Pacifiku — sl. 36. i 37).

NE pasat izostaje u sjevernom dijelu Indijskog oceana, u Kineskom moru i u ostalim jače ograničenim područjima. SE pasat izostaje u Gvinejskom zaljevu i u južnom dijelu Pacifika.

U Indijskom oceanu SE pasat puše u siječnju u predjelu približno između paralela 15°S i 30°S, a u srpnju od ekvatora do 25°S.

U tim područjima često ih prikrivaju sezonski vjetrovi tzv. monsuni (t. 102) koji se stabiliziraju između kopna i mora, slično obalnim povjetarcima, ali zahvaćaju veća prostranstva i pušu s većom snagom.

Zone pasata i ekvatorijalnih tišina zahvaćaju površinu oko 40% svjetskog mora: u meridijalnom smjeru oko 3 300 M, a u smjeru istok—zapad oko 2 000 do 3 000 M.

*Prosječne zone koje zahvaćaju pasati*

| ZONE | SIJEČANJ—VELJAČA | |
|---|---|---|
| | Atlantik | Pacifik |
| NE pasat | od 2°N do 25°N | od 4°N do 25°N |
| Tišine | od ekvatora do 2°N | od 3°N do 5°N |
| SE pasat | od ekvatora do 30°S | od 4°N do 30°S |

| ZONE | SRPANJ—KOLOVOZ | |
|---|---|---|
| | Atlantik | Pacifik |
| NE pasat | od 10°N do 30°N | od 10°N do 30°N |
| Tišine | od 5°N do 10°N | od 8°N do 10°N |
| SE pasat | od 5°N do 25°S | od 8°N do 25°S |

**101. Karakteristike zapadnih vjetrova.** — Ti vjetrovi pušu u umjerenim geografskim širinama, u zonama približno između paralela 40° i 60° obiju hemisfera. Te granice mijenjaju se za nekoliko stupanja zavisno od godišnjeg doba. *Na sjevernoj hemisferi* zapadni vjetrovi pušu iz SW do W, *a na južnoj* iz NW do W. U toj zoni prilike su drugačije nego u zoni pasata: vlada olujno vrijeme, vjetar doseže jačinu 8—10 Bf, a prilikom prijelaza jačih depresija (slično kao i na N hemisferi) vjetar doseže orkansku snagu. Tada nastaju i nagle promjene smjera vjetra od NW na SW (sl. 36 i 37).

* Zbog stalnog lijepog vremena nose i naziv The Lady's Gulf.



*Zapadni vjetrovi relativno su topli (topliji od Zemljine površine), ali ipak često s niskim temperaturama, češćim pljuskovima, gradom i snježnom vijavicom.* Priroda i jačina tih vjetrova (naročito u sjevernom Atlantiku) ljeti je potpuno anticiklonalna i umjerenija, a zimi više ciklonalna i jača. Na sjevernoj hemisferi ti vjetrovi znatno su nepravilniji i nepostojaniji od pasata, jer je pojas subpolarnog niskog tlaka često prekinut i čini niz odvojenih baričkih reljefa niskog tlaka (depresija), pa je i cijela zona tih vjetrova često pod utjecajem polarnih ciklona umjerenih širina. U nekim slučajevima ona je i pod utjecajem tropskih ciklona, koji u posljednjoj svojoj fazi prolaze preko Atlantika. Zato je pravilnost i postojanost tih vjetrova manja od pasata. U svakom slučaju zapadni vjetrovi prevladavaju, ali često se u njihovoj zoni osjećaju i istočna zračna strujanja (ako se brod nađe na prednjoj strani ciklona gdje prevladavaju istočni vjetrovi ili ako se između dva ciklona razvije jedan maksimum toliko da njegova južna strana zahvaća rutu broda). Prolazom ciklona i ciklonskih serija (familija) ne mijenja se samo smjer i jačina vjetra već i karakter samog vremena.

Zbog jednolikosti Zemljine površine, koja je južno od paralele 40°S gotovo cijela pokrivena morem, subpolarni pojas niskog tlaka u $\varphi = 60°S$ izrazit je i neprekinut. Posljedica je toga da su zapadni vjetrovi južne hemisfere snažniji i postojaniji i pušu danima. Kao što su pasati povoljni za prijelaz oceana u zapadnom kursu, tako su ovi vjetrovi povoljni za duga putovanja u istočnim kursovima*. Međutim, s obzirom na njihov olujni karakter, navigacija se ipak ne vodi »mirno« kao u predjelu pasata.

Oko paralele 40°S zapadni vjetrovi mijenjaju smjer između SW i NW, pa se tada nazivaju the roaring forties (burne četrdesete).

### (3) Periodični vjetrovi — monsuni

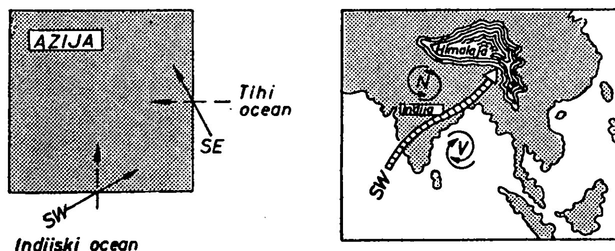
**102. Općenito.** — *Ljeti su* kontinenti prostrana središta niskog tlaka (depresija) i privlače manje topao zrak okolnog mora gdje je veći atmosferski tlak (anticiklon). *Zimi* se nad kontinentom stabilizira anticiklon, a nad morem depresija koja privlači hladniji zrak s anticiklonskog područja. Zbog toga će i strujanje zraka zimi biti usmjereno od kopna prema moru (zimski monsun), a *ljeti* od mora prema kopnu (ljetni monsun). Travanj — svibanj je razdoblje prijelaza od zimskog monsuna na ljetni, a listopad — studeni od ljetnjeg monsuna na zimski. U tim mjesecima prethodni monsuni polagano slabe i sve se češće javljaju tišine. Nakon tišina počinju puhati suprotni vjetrovi koji postaju sve češći i jači dok se ne ustali monsun suprotna smjera.

Za stvaranje monsuna pogodnija su područja bez stalnih vjetrova, npr. pojas suptropskih širina, a ekvatorijalne oblasti, zbog izrazitih dnevnih promjena temperatura, nisu pogodne. Indijski ocean** osobito je pogodan za stvaranje monsuna jer je opkoljen kopnom sa sjevera, zapada i sjeveroistoka.

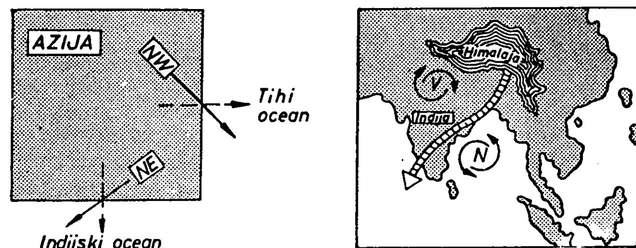
* Zbog toga ih Englezi nazivaju passage winds, a Maury [Mori] ih je nazvao brave west winds (dobri zapadnjaci).

** Ljetni monsun — wettmonsoon; zimski monsun — drymonsoon.

Monsun potječe od arapske riječi mausim, što znači godišnje doba. U Indiji znači razdoblje kiša.




*Sl. 38 Monsunska strujanja na obalama Azije — ljeti*




*Sl. 39. Monsunska strujanja na obalama Azije — zimi*

Monsunski vjetrovi naročito su poznati u sjevernom dijelu Indijskog oceana, u istočnoazijskim rubnim morima (do Kamčatke), uz obale Nove Gvineje, uz sjeverne obale Australije, zatim pušu i uz obale zapadne Afrike, uz istočne obale Brazila, oko ušća rijeke Mississippi i uz obale Kalifornije i Meksika.

**103. Monsuni Indijskog oceana.** — Monsuni zahvaćaju Bengalski zaljev, Arapsko more i Adenski zaljev*. Na zapadu dopiru do obala Afrike (od sredine Mozambičkog kanala do nešto sjevernije od ekvatora), a na istoku sve do meridijana 140°E (uključno i Kinesko more). Na jugu prodiru do granice pasata južne hemisfere, tj. do geografske širine 10°—12°S. Zimski monsun praktički se poklapa sa NE pasatom, koji je karakterističan za ove geografske širine. Počinje najprije blizu obale a zatim napreduje prema jugu. Prolazeći ekvator (studeni—ožujak), skreće ulijevo i zbog toga puše iz NW smjera. Od meridijana 50°E, a u širinama između 4°N i 10°S, monsum mijenja smjer od NW do SW. U geografskoj širini oko 10°S, gdje stiže tek u prosincu, susreće se sa SE pasatom.

*Zimski (NE) monsun* umjerene je jačine, prosječno 3—4 Beauforta. Strujanja po visini ne prelaze 2 km. U tom razdoblju prevladava vedro i suho vrijeme

* U *Crvenom moru* vjetrovi pušu u njegovom uzdužnom pravcu. Uzduž čitava mora od VI do IX mjeseca prevladavaju NNW vjetrovi. Za vrijeme NE monsuna Indijskog oceana u južnom dijelu tog mora prevladavaju SSE vjetrovi, a u sjevernom dijelu NNW vjetrovi. Južni vjetrovi jači su u zimskom periodu, a sjeverni u ljetnom (znaju biti naročito jaki).

U *Perzijskom zaljevu* vjetrovi su slabiji i nestabilniji od onih u Crvenom moru. Prevladavaju *NW vjetrovi* pod imenom *shemal* [šemal]. Pušu u svako doba godine, naročito u VI—VII mjesecu. Ljeti je to suh vjetar, a zimi kišovit.

*SE vjetar* uglavnom puše u periodu od XI do XII mjeseca, naizmjenično sa šemalom, a poznat je pod nazivom *kaus*. Stvara kišu i ružno vrijeme. Zimi nakon kausa javlja se iz *SW kratkotrajan* ali jak vjetar *suhali*. Vjetar iz NE, naročito u njegovu južnom dijelu, poznat je pod imenom *nashi* [naši]



s relativno mirnim morem u obalnom području. Navigacijske prilike općenito su vrlo dobre. Malabarska obala i zapadne obale Malajskog poluotoka su u zavjetrini, a Koromandelska obala izložena je čestim olujama s razvijenim morem.

Vremenske prilike za *ljetnog monsuna* suprotne su od onih za vrijeme zimskog monsuna. Ljetni (SW) monsun znatno je jači od zimskog jer su vrijednosti baričkih gradijenata znatno veće ljeti nego zimi. Pored toga, SE monsun je produženje SE pasata južne hemisfere, koji prelazeći preko ekvatora skreće udesno (prelazi u SW vjetar). Dostižu olujnu jačinu, ali mu je prosječna snaga 4—5 Bf. Strujanja po visini dostižu visinu 5 km. U tom razdoblju godine prevladava jako toplo i vlažno vrijeme (s velikom relativnom vlagom). More je jako razvijeno, naročito uz malabarsku obalu i zapadnu obalu Malajskog poluotoka. Koromandelska obala i istočna obala Ceylona relativno je zaštićena.

**104. Monsuni istočnoazijskih rubnih mora.** — S obzirom na položaj obale i devijacijski utjecaj rotacije Zemlje, uz obale jugoistočne Azije zimi prevladava smjer monsuna NE, a ljeti SW. U istim razdobljima godine, u istočnim rubnim morima (Južnokinesko more, Žuto more, Japansko more i Ohotsko more) monsunima zimi prevladava smjer NW, a ljeti SE. Ti vjetrovi nisu tako stalni kao u sjevernom dijelu Indijskog oceana. Dok u Indijskom oceanu SW monsun puše naročito jako, istovremeno u Kineskom moru vlada umjeren vjetar. Obratno je za vrijeme NE monsuna. Dok jaki vjetrovi pušu nad Kineskim morem, nad Indijskim oceanom vladaju umjereni vjetrovi.

**105. Vjetrovi uz australsku obalu.** — *Prevladavaju vjetrovi* monsunskog karaktera s općim smjerom: zimi SE monsun, a ljeti NW monsun. To je posljedica ciklonalne cirkulacije za vrijeme ljeta (niski tlak nad kontinentom) i anticiklonalne cirkulacije za vrijeme zime (visok tlak nad kontinentom).

*Uz N i NE obalu Australije i otočja* u tom dijelu ljeti (ljeto južne hemisfere) pušu ustaljeni vjetrovi iz NW, a zimi iz SE koji se slaže sa SE pasatom.

*Na južnoj obali* ljeti pušu SE vjetrovi, a zimi se N—NW vjetrovi slažu sa zapadnim vjetrovima južne hemisfere. Poslije NW vjetra javlja se od X do IV mjeseca vjetar iz smjera S, pod nazivom *southerly burster*.

*Uz istočnu obalu, ljeti* — na sjevernom dijelu pušu vjetrovi NW—NE, a na jugu E—SE, zimi — na sjevernom dijelu pušu vjetrovi SE (slažu se s pasatom), a na jugu SW.

*Uz zapadnu obalu* pušu gotovo uvijek SW—S vjetrovi, a uz sjeverozapadnu jače su izraženi vjetrovi monsunskog karaktera — ljeti NW, a zimi SE vjetar. (Uz NW obalu od XII do IV mjeseca javljaju se tropski cikloni willy-willy, a uz NE obalu queensland hurrican).

**106. Vjetrovi uz američku obalu.** — Uz tu obalu nema izrazitih monsuna, ali ipak pušu periodični vjetrovi slični monsunima. Uzduž Kalifornijskog zaljeva za ljetnih najtoplijih dana puše SE vjetar. Inače, puše NW vjetar *(koromel)*. Zimi u njegovom sjevernom dijelu javljaju se umjerene oluje iz NW, a katkad i poneki lokalni orkan (El cordonazo de San Francisco — početkom listopada). Uz zapadnu obalu Srednje Amerike ti periodični vjetrovi zimi su u vezi sa NE pasatom Atlantika, a ljeti SE pasatom južnog Pacifika. Izrazitiji N-NNE vjetrovi (slični norderu) pušu zimi u Tehuantepeckom zaljevu (Gulf of Tehuantepec), u zaljevu Papagajo (Gulf of Papagayo) iz NNE do E, poznati pod nazivom *tehuantepecer* [tehuantepecer] odnosno *papagayo* [papagajo]. Javljaju se u listopadu,

maksimalnu jačinu postižu u studenom, a prestaju u travnju. Pušu u obalnom pojasu širine nekoliko stotina nautičkih milja. Uz tu obalu od V do XI mjeseca javlja se i vrsta kratkotrajnih nevera pod nazivom *chubascos* [kubaskos].

Uz obalu Čilea, kao i uz obalu Patagonije, pušu također periodični vjetrovi, i to s kopna poznat pod imenom *turral*, a s mora *virazon*.

### (4) Lokalni vjetrovi

#### (A) — Vjetrovi Jadranskog i Sredozemnog mora

**107. Općenito o vjetrovima na Jadranu.** — Vremenske prilike Jadrana zavise od općeg rasporeda atmosferskog tlaka, od pojedinih sekundarnih depresija zapadno od Apeninskog poluotoka (Đenoveški zaljev) ili u sjevernom dijelu Jadrana i konačno od reljefa priobalnog područja. Na osnovi toga na našoj obali Jadranskog mora razlikujemo uglavnom tri karakteristična tipa vremena. *Vlažno* — s južnim toplim vjetrovima, *suho* — sa sjevernim hladnim vjetrovima i *stalno vedro* vrijeme — sa sjeverozapadnim vjetrom nazvan maestral, podržavan utjecajem azorskog anticiklon.

*Ljetna situacija uglavnom je ova:* Pod utjecajem azorskog maksimuma, koji slabi prema istoku, Jadran se nalazi na periferiji velike anticiklonalne cirkulacije sjevernog Atlantika, sa slabim gradijentom, a kao posljedica toga *danju s mora puše ugodan NW vjetar — maestral*. Zagrijani i razrijeđeni zrak Sahare pojačava taj vjetar naročito u južnom Jadranu. Međutim, vjetar s mora ne puše okomito na našu obalu, već pod utjecajem jače zagrijanog kopna njegov smjer je NW, na nekim predjelima i WNW, a uz albansku obalu W. Na talijanskoj obali prosječan mu je smjer E. Tako je danju, a noću puše *lokalni vjetrić s kopna, nazvan burin*. Na istočnoj obali Jadrana on ima u sjevernom dijelu smjer NNE, a u južnom dijelu više iz E. Uz zapadnu obalu ima prosječan smjer SW. Taj vjetar s jedne i druge strane Jadrana puše u obalnom pojasu širine 15—20 M. Po sredini Jadrana osjeća se običan NW vjetar ili blagi vjetrovi promjenljiva pravca odnosno tišine.

*Zimska situacija* je sasvim drugačija. Zbog svoje visoke temperature u odnosu prema okolnoj obali, Jadran je dugoljasta brazda relativno niskog tlaka s jačim gradijentom (gušćim izobarama) na istočnoj strani. Središte ove lokalne ciklonalne formacije (depresije) nalazi se normalno blizu otoka Palagruža, pa u prosjeku postoji ova cirkulacija: u jugoistočnom dijelu Jadrana SE vjetrovi (jugo), od sredine dalje prema sjeveru više iz E, u Riječkom i Tršćanskom zaljevu iz NE (bura), uz sjeverni dio talijanske obale više iz NW, a južno od Ancone do Otrantskih vrata iz W. Ta zatvorena cirkulacija očituje se i na toku morskih struja cijele godine.

*Znači, jugo i bura daju vremenu na Jadranu tipičan karakter*. Općenito, ti vjetrovi pušu u zimskom razdoblju, od listopada do travnja, a maestral uglavnom ljeti. Kada vlada tišina ili slab vjetar, karakter vremena je »na buru« ili »na jugo«, prema tome postoje li strujanja zraka s kopna ili s mora.

Općenito se može reći da je jugo jače na južnom Jadranu, a bura na sjevernom Jadranu, i da u sjevernom Jadranu pretežno puše bura dok u južnom dijelu prevaladava jugo. Zimski vjetar jači je od ljetnog.

**108. Bura.** — Bura je suh i hladan vjetar. Kao sjeveroistočnjak (NE) pretežno puše od istočne obale Jadrana prema moru i najvjerniji je pratilac vedrog



vremena. Na postanak bure utječe podjela atmosferskog tlaka nad Srednjom Evropom i Jadranom odnosno Sredozemljem. Međutim, lokalna bura je također česta. Nastaje hlađenjem zraka nad kraškim dolinama, koji se zatim prelijeva niz obronke planina (sedla, procijepi). Takva bura je kratkotrajna i nenadana, ali i lokalna.

Bura se javlja u sva godišnja doba, ali pretežno zimi kada puše olujnom jačinom. Nije rijedak slučaj da jaka bura zapuše i u svibnju. Dok ljeti bura traje najviše dva dana ili par sati, zimi može sa prekidima puhati šest do četrnaest dana. Olujna bura traje najviše dva dana.

*Karakteristika je bure* da zbog reljefa naše obale puše na mahove (refule) i da često počinje sasvim nenadano. Njena brzina varira od laganog povjetarca do orkanskog vjetra (80 čv). Dok svi drugi vjetrovi pušu vodoravno, bura je iznimka. Hladne zračne mase, kao teže nego zrak nad morem, jure iz primorskih planina prema obali i pošto prebrode planinska bila, ponajviše gorska sedla, padaju koso (slapovito) prema moru. Tako nastali mlazovi zraka prelijevaju se nad površinom mora na sve strane, trgaju vrhove valova i raznose pjenu pretavarajući je u vodeni dim. Taj vodeni dim može biti tako gust da jako smanjuje vidljivost.

Konfiguracija zemljišta mnogo utječe ne samo na karakter i jačinu bure već i na njen smjer, pa može puhati iz bilo kojeg smjera od N do ENE. U južnom Jadranu katkada puše više prema N (tramontana). Drage na podnožju planina nisu nikakav zaklon od bure, naprotiv, u njima bura često doseže orkansku jačinu. Planinska sedla (Senjska vrata, Vrulje kod Makarske, Klis kod Splita) i erozivna korita upravo su mjesta gdje bura puše ojačana zbog zbijanja strujnica zraka. U nekim područjima koja su izložena buri, npr. strme NE obale nekih otoka (Cres, Krk, Rab, Pag i dr.), nemaju nikakve vegetacije do prilične visine nad morem. To neka bude i pravilo: gole strane otoka prema obali znače da su pri buri ti krajevi vrlo opasni. Isto tako uvala u kojoj stabla rastu nagnuta prema jugu ne smije se odabrati za duži boravak ili noćenje ako je bura vjerojatna.

*Glavna mjesta na kojima prodire jaka bura jesu* Tršćanski zaljev (naročito od Rta Salvatore do Trsta, i to uz obalu gdje bura puše iz ESE), Kvarner i Kvarnerić (uz jak vjetar javlja se i struja brzine čak do 4 čv), Riječki zaljev, Velebitski kanal (naročito između otoka Krka i obale, Senj i Senjska vrata), područje Šibenika i Splita (Kaštelanski zaljev, naročito Solin), uvala Vrulja (između Omiša i Makarske), Bar i Drimski zaljev. Međutim u području gdje su primorski lanci dublje u unutrašnjosti (više od 4 do 5 km od obale) i ne prelaze visinu od 500 do 600 m bura je znatno slabija. Slaba bura nastupa na zapadnoj obali Istre, u Zadarskom kanalu, u zavjetrini otoka Unije, Dugog otoka, Kornata i Mljeta, te na obali između Cavtata i Oštrog rta. Donji tok rijeke Krke, Žuljanski zaljev (Pelješac), ušće Neretve i Risanski zaljev (Boka Kotorska) su mjesta gdje bura puše jače nego u okolnom području.

*Bura nema toliko jasnih predznaka kao jugo*. Karakterističan predznak za buru je stvaranje oblaka »kape« na hrptovima naših viših planina, osobito Velebita, Kamešnice, Biokova i Orjena. Ta kapa javlja se za svakog vremena, a ne samo za vedra. Ako se u zavjetrini pojave pojedini oblačići, koji padajući nestaju u vjetru, a glavice i kose pojedinih brda pokriva »kapa od oblaka«, na otvorenom moru treba svakog trenutka očekivati buru, dok uz obalu ona već puše. Ako »kapa« dalje raste, znači da i bura raste.

Dolazak bure kao da nije vezan na neki određen rok, ali se može tvrditi da ona češće dolazi poslije podne nego prije podne. Oko 9 sati bura normalno

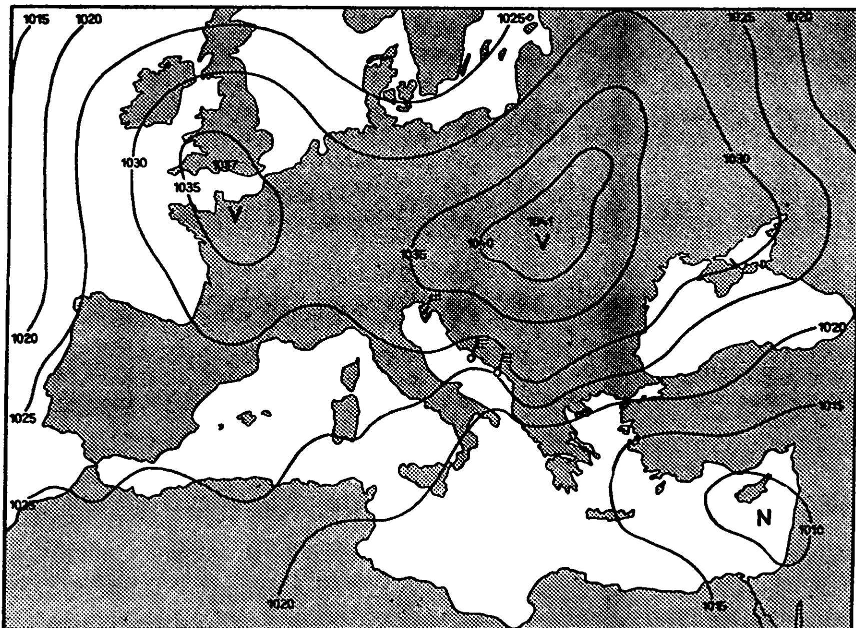
jača i postiže najveću snagu. Redovno je između 11.00 i 13.00 sati najslabija ili prestaje. To je obično nakon nekoliko sati pošto iščezne »kapa« nad planinom. Sve je to za razna mjesta obale različito.

S prestankom bure u sva godišnja doba redovno nastupa hladnije vrijeme sa slabim ili samo umjereno jakim vjetrovima iz IV kvadranta. Ako je bura započela puhati pri oblačnom vremenu, njeno slabljenje može se očekivati tek nakon potpuna razvedravanja, koje počinje na NE strani. Počinje li razvedravanje odmah na početku bure, ili ako su buri prethodile jake mećave, vjerojatno će bura trajati kratko. Ponovno jačanje bure (prouzrokovano novom depresijom) nakon već vedra neba praćeno je s pojavom oblaka Cirrostratus na južnom dijelu neba, a ponekad i jakim kišama — eventualno i snijegom. Bura će prijeći ponovo u SE vjetar s naoblakom i oborinama ako tlak zraka naglo poraste i time zapriječi napredovanje depresije, koja u tim slučajevima normalno leži iznad Ligurskog mora ili nad sjevernim dijelom Jadranskog mora.

Poslije snažne bure može se izvjesno vrijeme predviđati tiho vrijeme, kada nekoliko sati u toku dana obično puše svjež NW vjetar, a noću svjež kopnenjak.

Prema tome je li glavni uzrok bure proširenje predjela visokog atmosferskog tlaka (anticiklon) nad srednjom Evropom prema jugu ili depresija u Sredozemnom ili Jadranskom moru, razlikujemo d v a o b l i k a b u r e — anticiklonalnu i ciklonalnu

Za a n t i c i k l o n a l n e (vedre) b u r e prevladavaju suho i vedro vrijeme, visoki atmosferski tlak i umjerena hladnoća. Snažni mahovi bure naročito se osjećaju u području istočne obale Jadrana (sl. 40. a).




*Sl. 40. a. Opća sinoptička situacija za vrijeme anticiklonalne bure*



Anticiklonalnu buru treba smatrati kao jednostavno otjecanje zraka iz područja visokog tlaka (maksimuma) koji se nalazi na sjevernom dijelu Srednje Evrope. Zbog lokalnih i klimatskih prilika pojedinih obalnih predjela Jadrana to otjecanje može poprimiti upravo olujan karakter. Ta se lokalna pojava objašnjava tako što visoke strme i rijetko gdje prekinute gorske kose na istočnoj obali jasno dijele dva klimatski vrlo različita predjela, pa je stoga izjednačenje atmosferskog tlaka mjestimice popraćeno olujnim vjetrom.

Anticiklonalna bura nije osobina samo hladnijih godišnjih doba, ona se pojavljuje i ljeti, kad se sjeverni barometarski maksimum širi prema jugoistoku, ali se temperatura tada ne spušta tako nisko kao zimi.

C i k l o n a l n a (mračna) b u r a vrlo je jak i više stalan vjetar iz smjera NE do E, koji prati tmurno i kišovito vrijeme, a zimi ponekad i mećava s velikom hladnoćom. Često dopire i preko zapadne obale Jadrana. Na početku ciklonalne bure nebo je prekriveno jednakomjernom naslagom As-oblaka, koji dolaze iz jugozapadne strane horizonta. Pri početku ove bure atmosferski tlak normalno pada i ponekad je vrlo nizak (sl. 40. b).

Takav oblik bure stvaraju depresije koje se približavaju E obali Jadrana i koje snažno sišu zrak od obale prema moru, pri čemu obalna brda priječe jednakomjerno pridolaženje zraka iz pozadine. Time se pojačava barički gradijent depresije, i to na strani istočne obale, čak i onda kada je formirana depresija prilično plitka.

*Prijelazi od jednog oblika bure na drugi vrlo su česti.* Obično se anticiklonalna bura razvija iz ciklonalne, tako da je ova ujedno i prva faza anticiklonalne bure, s jakom naoblakom i oborinama. Dok anticiklonalna bura obično puše duž čitave naše obale i dalje od nje ciklonalna bura uglavnom se ograničava na dio Jadrana.

Nije rijetko da istovremeno u sjevernom Jadranu puše bura, a u srednjem i južnom Jadranu jugo. *Jedna granica tih vjetrova je oko rta Ploče, a druga u Kvarneru.*

Na italijanskoj obali nema prave bure, već većinom NW vjetar. Što se ide dalje od istočne obale (15—20 M), bura je sve slabija, ali s jače izraženim valovima. Rijetko doseže olujnu jačinu. Na toj obali jedino zaklonište u olujnoj buri je sidrište Manfredonije, na južnoj strani poluotoka Gargana. Na našoj obali bura ima suprotne karakteristike i dostiže olujnu jačinu, valovi su kratki i nemaju naročite visine, ali im vrhove vjetar raspršava u bijelu pjenu, koju vjetar nosi kao dim.

Slabu buru nazivamo *burica*, a osobito snažnu buru *burina*. Istočnjak (levanat) naziv je za onaj oblik bure koji puše prilično jednakomjerno, bliže istoku, pri kišovitom vremenu i umjerenoj hladnoći. Ti istočni vjetrovi, koji su svojim osobinama između bure i juga, svojstveni su prije svega sjevernom dijelu Jadranskog mora.*

* Sličan buri je vjetar *košava*, koji puše u sjeveroistočnom dijelu SFRJ. Za riječni promet ona naročito utječe na dio Dunava od Golupca do Vukovara. Osjeća se u Srbiji i preko cijele Vojvodine, kao i do Osijeka i Vinkovaca. Najjača je na Dunavu između Velikog Gradišta i Novog Sada i u južnom dijelu Banata.

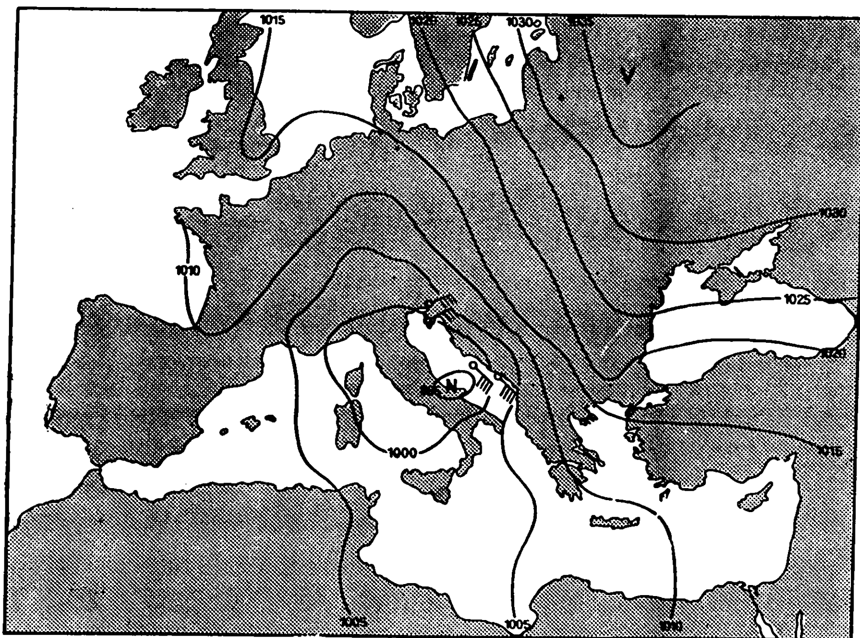
Košava je suh i hladan vjetar koji podržava vedro vrijeme. Javlja se kada nad Ukrajinom i Besarabijom vlada visok atmosferski tlak a nad zapadnim Sredozemljem i Jadranom nizak. Ima istočni i jugoistočni smjer. Puše na mahove čija brzina doseže i do 30 m/s. Najčešće se javlja u toku jeseni, a zatim zimi i u toku proljeća. Rijetko puše samo jedan dan. Obično traje dva do tri dana, ali ponekad i znatno duže.

**109. Jugo.** — To je topao i vlažan vjetar koji puše iz ESE smjera do SSE. Puše duž čitavog Jadranskog mora i izaziva uzburkano more. Popraćen je vrlo naoblačenim nebom, a u većini slučajeva i dugotrajnom kišom. Svoju najveću jačinu ima u južnom Jadranu, gdje je i mnogo češći nego u sjevernom. Javlja se u sva godišnja doba, ali u sjevernom Jadranu najčešće od ožujka do lipnja, a u južnom od jeseni do kraja zime. Rijetko ostaje kao slab vjetar, ispod 2—3 Beauforta (6—8 čv). Prosječna mu je jačina oko 4—5 Bf (16—20 čv), ali često doseže i olujnu jačinu. Jugo traje ljeti redovno do tri dana, zimi do devet dana, a katkada s kraćim prekidima i do tri sedmice.

Jugo je jak u onim obalnim područjima gdje je more otvorenije ili kanal ima smjer vjetra. *Glavna su takva područja:* Venecijski zaljev, Kvarner i Kvarnerić, otvoreno more oko Rta Ploče i područje južno od Dubrovnika, te vanjski kanali između otoka sjeverne Dalmacije, Lastovski i Mljetski kanal. Uz razvijeno more česta je i struja do 2 čv brzine.

Unatoč svojoj jačini i dugačkom trajanju jugo je na Jadranu manje opasan nego bura. Ne dolazi naglo, puše jednakomjerno, pa brodovi i čamci u većini slučajeva mogu pravovremeno uploviti u neku zaštićenu luku. Vjetar je u početku slab, razvija se tek nakon 36—48 sati, a olujnu jačinu postiže tek nakon trećeg dana puhanja.

*Prvi predznak juga,* kojemu obično prethode tišina i promjenljivi slabi vjetrovi, jest sumaglica i mutan horizont na jugoistočnom dijelu horizonta. Jačanjem juga sumaglica se razvija u rijetke i niske oblačiće, koji se gomilaju oko




*Sl. 40. b Opća sinoptička situacija za vrijeme ciklonalnog juga i mračne bure*



vrhova planina dok se postepeno i ostali dio neba prema NW ne prekrije gustim olovnosivkastim i niskim oblacima. Na zapadu i sjeverozapadu vidi se zid oblaka ili se na tom dijelu horizonta nalaze Ci-oblaci. Atmosfera postaje neprozirna, a vidljivost je i danju ograničena. Zračni tlak pada ispod normalnog, redovno samo polagano, ali ustrajno, a temperatura i relativna vlaga znatno rastu. Postepeno se pojavljuju sve veći valovi i sve jača morska struja iz smjera SE, a kao posljedica stvaraju se bibavice (šćige) i uzdiže razina mora uz našu obalu, a naročito u NW dijelu Jadrana.

I jugo ima svoj anticiklonalni i ciklonalni oblik s karakterističnim razlikama u podjeli atmosferskog tlaka i stanju vremena. Ipak jugo je najčešće ciklonalna porijekla.

A n t i c i k l o n a l n o   j u g o javlja se naročito u proljeće i jesen. Njega normalno izaziva izmjenično djelovanje duboke i duže stacionirane depresije nad NW ili N dijelu Evrope i predio visokog atmosferskog tlaka nad istočnim dijelom Sredozemlja. Nebo je ili vedro ili se pojave Cc-oblaci i Ac-oblaci, koji dolaze iz smjera W do SW, dok je SW dio horizonta redovno vedar. Poslije jednodnevnog ili dvodnevnog juga, u sjevernom Jadranu naoblaka raste. Oborina uopće nema ili mjestimično pada slaba kiša. Kao posljedica povećanja čestica prašine donesene iz sjevernoafričkih pustinja često se zapaža vrlo mutna atmosfera.

C i k l o n a l n o   j u g o je umjeren do olujno jak vjetar smjera ESE do SSE, koji katkada puše i na mahove. Njegove su karakteristike gusta i niska naoblaka s umjerenim pljuskovima kiše i uzburkanim morem. Pojavi se čim se neka primarna depresija približi Jadranu preko južne Francuske ili Pirinejskog poluotoka, ili ako neka depresija prelazi preko evropskog kontinenta, a svojim granicama doseže i do Sredozemnog mora, ili ako depresija dolazi iz sjeverne Afrike, te konačno ako se sekundarne depresije stvaraju u Đenoveškom zaljevu ili u sjevernom Jadranu. Od staze kretanja, jakosti i oblika tih depresija zavisi koliko će se jugo razviti na Jadranu (sl. 40. b).

*Redovno sjeverozapadna obala otoka Visa dijeli predio juga od predjela bure* ako depresija prelazi više južnim putem (tzv. staza Ve). Brod koji po jugu plovi iz južnog Jadrana prema sjeveru mora već od Visa predviđati iznenadno skretanje vjetra na NE. Obratno, ako u sjevernom Jadranu puše bura uz nizak barometar, vjerojatno će u južnom Jadranu naići na jugo. Ciklonalno jugo donosi redovno brzo padanje barometra i najniži zračni tlak što ga Jadran poznaje. Pri tome, naročito za sjeverni Jadran, pravilo je da brzo padanje barometra znači i brzo prolaženje depresije, a time i jugo kratka trajanja.

Ako jugo, koje u to vrijeme u južnom dijelu Jadrana još uvijek traje, neprestano slabi, a umjesto njega ne pojavi se neko drugo strujanje atmosfere, nastaje tzv. trulo jugo. Tišinu prati mrtvo more, a ostaju sve karakteristike juga. Temperatura atmosfere raste, a i sparnije je negoli kad puše pravi jugo. Pada obilata kiša, a razvedrava se samo privremeno zbog »iznemoglosti istrošenih oblaka«.

**110. Ostali lokalni vjetrovi na Jadranu.** — Osim već opisanih vjetrova koji vladaju na Jadranskom moru, treba istaći još ove lokalne vjetrove: vjetar s mora — *maestral* i s kopna — *burin,* koji se uglavnom javljaju u toplom dijelu godine (kasno proljeće i ljeto). Oni pripadaju vrsti dnevnih periodičnih vjetrova, koji nastaju zbog termičkih razlika kopna i mora.

Opažaju se samo uz obalu, i rijetko dopiru dalje od 20 M prema unutrašnjosti i od obale prema moru jer su strogo prizemni vjetrovi (do 300 m visine). Kad

u primorju puše maestral, u zagorju vlada tišina uz žegu ili puše lokalni vjetar iz doline. Obično vjetar s mora počinje oko 9—10 sati, a s kopna poslije zalaska Sunca. Jačina tih vjetrova veća je što je temperaturna razlika između kopna i mora veća.

Maestral. Danju se pri jakom zagrijavanju površina kopna ugrije jače od površine mora, a kao posljedica nastaju uzlazne struje nad kopnom, koje se na izvjesnoj udaljenosti od kopna spuštaju prema moru i na taj način zatvara se krug strujanja. U vezi s tim, u nižim slojevima zraka stvara se gradijent sa smjerom od mora prema kopnu i *s mora* počinje puhati vjetar nazvan *zmorac* ili *maestral*.

*Oko 14.00 sati po pravilu maestral postiže svoj maksimum* i redovno *završava prije zalaska Sunca (obično do 18.00 sati)*. Na zapadnoj obali Jadrana najjači je oko 16.00 sati, a često se nastavlja noću, i tada se javlja jače razvijeno more. Maestral prati lijepo vrijeme i pri tom znatno ublažuje ljetnu sparinu. Normalno puše kao slab vjetar (do 4 Bf). U Tršćanskom zaljevu je najslabiji, prema jugu je sve jači, a u Otrantskim vratima naraste do jačine 6—7 Bf, uz dosta teško more. Dosegne i olujnu snagu (tzv. maestralun), i to kao posljedica prolaza frontalnih poremećaja (npr. ciklona).

Na našoj obali taj vjetar puše uglavnom iz NW, zavisno od lokalnih prilika skreće i do WNW, a kod albanske obale i na W. Na talijanskoj obali smjer mu je prosječno E, a negdje i SE. U toku dana maestral mijenja svoj smjer udesno, tj. za Suncem.

Maestral je obično popraćen karakterističnim bijelim gomilastim oblacima slabog vertikalnog razvitka, tj. kumulusima lijepog vremena.

Burin. Noću se opaža da zrak struji u istom zatvorenom krugu kao i danju, samo u suprotnom smjeru. Nad kopnom zrak se ohladi brže nego nad morem, pa je gradijent usmjeren prema moru i izaziva *vjetar s kopna* — *burin*. Nestaje obično pred izlazak Sunca. Smjer mu je na istočnoj obali u sjevernim predjelima iz NNE do ENE, u južnom više iz E, uz zapadnu obalu iz SW.

Burin je obično slabiji od maestrala. Ali u nekim područjima, npr. kod Bola na Braču, može doseći jačinu do 6 Bf.

Analogno vjetru s kopna i s mora, u gorskim predjelima nastaju vjetar s brda i vjetar iz doline. U vremenu od 9 do 10 sati pa do zalaska Sunca (kad na moru puše maestral), puše vjetar iz doline, a noću (kad je na moru burin) puše vjetar s brda.

Među lokalne vjetrove ubraja se i fen. To je topli i suhi vjetar koji nastaje u podvjetrenoj strani brda, kao posljedica spuštanja zračne struje kad je vrh brda iznad nivoa kondenzacije. Često je bura, kao lokalni vjetar fenskog karaktera. Mada je fen lokalni vjetar, on nastaje pri određenim vremenskim situacijama: kad je ciklon s jedne strane brda i anticiklon s druge strane. To omogućava predviđanje tog vjetra.

**111. Nevere.** — Pored lokalnih vjetrova na Jadranu se javljaju i nevere (oluje). Nastaju najviše u periodu od lipnja do rujna. Najviše ih ima u srpnju i kolovozu. Te ljetne nevere češće su u sjevernom Jadranu nego u južnom. U sjevernom Jadranu ima prosječno na mjesec (VI — IX mj.) pet dana s neverama, a u južnom Jadranu samo dva do tri dana. Taj je broj katkada i veći: u kolovozu 10 — 12 dana s neverama, a zabilježeno je i četiri nevere za jedan dan.



Najveći broj nevera na Jadranu dolazi iz Italije, naročito iz sjeverne Italije. One prelaze preko Jadrana, dolaze iz pravca NW do SW, te primoravaju pomorca na najveću opreznost. Brzina napredovanja nevere je 15 — 20 M/sat. Što je veća brzina kojom se nevera primiče, jači je vjetar koji iz nje puše.

Nevere se mogu pojaviti pri različitom vremenskom stanju — pri vedrom, tihom i toplom, kao i pri već postojećem ciklonalnom vremenu. U prvom slučaju to su termičke ili lokalne nevere, a u drugom dinamičke ili ciklonalne. Zimske (frontalne) nevere su vrlo rijetke, ali prostranije od ljetnih (termičkih) (t. 210).

Prema nastupu i razvoju, razlikujemo dvije vrste nevera: iznenadna i postepena.

Sigurni *znakovi* koji upozoravaju na neveru pojavljuju se tek malo prije njena početka, pa je teško predvidjeti neveru za sutradan, ali upozorenja o nevremenu i prognoza vremena često i pravovremeno upozoravaju na »naginjanje vremena na neveru«. Kod oba tipa nevera zajednička je pojava oblaka iz SW smjera, analogno smjeru vjetra.

Kod tipične iznenadne nevere atmosferski tlak još prije početka nevere najprije malo padne i odmah zatim malo poraste, nakon čega naglo pada (po vertikali). Čim nevera prođe, tlak se postepeno vraća na normalu.

Prije nastupa iznenadne nevere obično puše lagani vjetar i to na prekide — s tišinama. Smjer tog vjetrića suprotan je onome iz kojega dolazi nevera. Kad barometar počne naglo padati, udarac vjetra nastupa iznenada i često je olujne jačine. Jačina vjetra postigne maksimum nešto poslije nastupa nevere. Temperatura koja je za vrijeme nevere znatno pala postepeno raste, a vrijeme postaje bistro i tiho, uz eventualni vjetrić s kopna.

Takve nevere mogu katkada biti veoma opasne. Prije svega zato što ih brod na sidru očekuje okrenut krmom prema vjetru. Nepogodna konfiguracija obale, uski kanali s visokim brdima, mogu ponekad onemogućiti da se nevera na vrijeme zapazi »odoka«; ako je dan, odsjev munje se ne vidi kao noću, a ne čuje se ni grmljavina zato što puše vjetrić iz suprotna pravca. Kao jedini predznak nevere ostaje još samo sparina, ali kako ova počinje mnogo prije nevere, nije ni to siguran predznak.

Postepena nevera ima upravo suprotne karakteristike: atmosferski tlak postepeno opada, a zatim naglo poraste. Ostale pojave u tim neverama razvijaju se potpuno u skladu s tokom promjene zračnog tlaka.

Kod postepenih nevera mogu se uvijek poduzeti mjere opreznosti jer vjetar počinje puhati u smjeru kretanja nevere, i to relativno malom snagom, a zatim postepeno pojačava; grmljavina se pravovremeno čuje. Usporedo s tim atmosferski tlak postepeno opada. Kad vjetar i oborine dosegnu svoj maksimum, nevera naglo prestaje, a vrijeme se razbistrava.

**112. Vjetrovi u Sredozemlju.** — Za zračnu cirkulaciju nad Sredozemnim morem važnu ulogu ima nekoliko faktora, a među njima relativni položaj azorskog maksimuma (naročito ljeti); termička razlika između kopna i mora (naročito zimi), putanje nekih ciklona i orografski oblik obala.

*Glavne su zračne cirkulacije nad Sredozemnim morem ljetna i zimska.*

*Ljeti*, zapadno od Sredozemnog mora, leži jako istaknut azorski maksimum. Vjetrovi su uglavnom anticiklonalni (u sjevernom dijelu W i NW, a prema jugu više iz N i NE). Zagrijani i rjeđi zrak iznad Sahare privlači te vjetrove, koji postepeno prelaze u NE pasat tropskog porijekla.

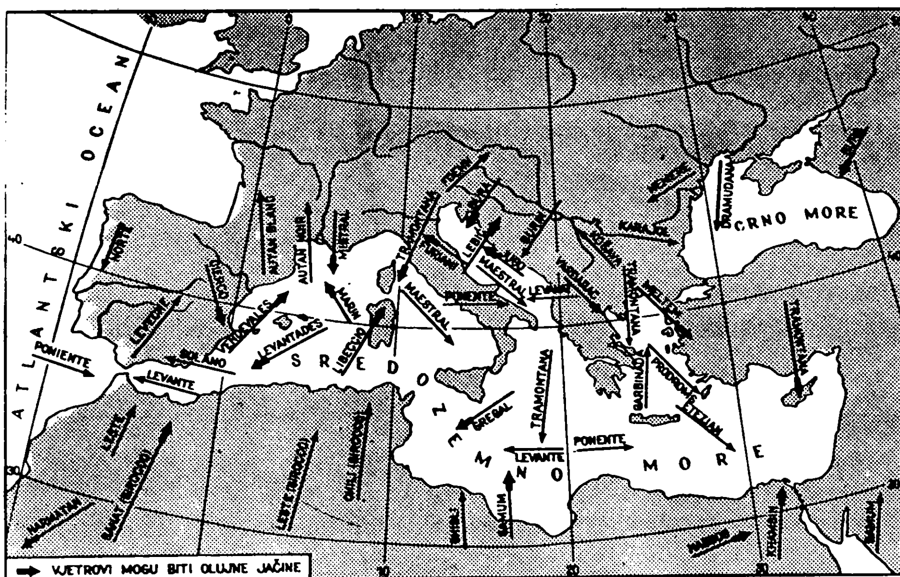
Na obalama Sredozemlja ljeti se javljaju normalni periodični vjetrovi s mora i kopna.

*Zimi* je suptropski maksimum Atlantika proširen prema istoku i pokriva srednju i južnu Evropu, kao i veći dio Azije. Sredozemno more ima znatno veću temperaturu od okolnog kopna. Vjetrovi pušu uglavnom s obala prema sredini mora i prilagođuju se orografskom karakteru obala. U zapadnom dijelu prevladavaju W vjetrovi, u istočnom E vjetrovi, a u sjevernom N vjetrovi, koji su često olujnog karaktera.

*Na obalama Sredozemlja i na njegovim rubnim morima općenito pušu ovi važniji vjetrovi* (sl. 41).

*U Egejskom moru* prevladavaju vjetrovi iz N i NE, naročito u njegovu sjevernom dijelu u koji ulaze kroz Dardanele*. Ti su vjetrovi naročito postojani zimi, ali i ljeti mogu biti prilično jaki. Od travnja do kolovoza vlada ugodno vedro vrijeme s postojanim vjetrom iz N (*etezian*, a turski naziv *melten),* koje prekidaju vjetrovi s mora (turski naziv *imbat)* i s kopna. Rujan je prelazni mjesec, pa se javljaju kako tišine tako i promjenljivi vjetrovi. Od listopada do ožujka pušu naročito jaki vjetrovi iz N *(tramontana)* i SW. Vjetrovi iz N veoma su hladni pa je tada vrijeme za plovidbu neugodno.

Na smjer vjetra veoma utječe hladno kopno, pa ovaj vjetar skreće i na E, odnosno na W. U tom razdoblju SW vjetrovi su olujni i znaju naglo skrenuti preko E na N, i to treba imati na umu.




*Sl. 41. Vjetrovi na Sredozemlju*

* U Egejskom moru osjeća se i utjecaj vardarca. To je vjetar koji puše od Šarplanine i Skopske crne gore dolinom Vardara prema Egejskom moru. Ima osobine bure i košave. Zbog toga je više zimski vjetar koji podržava vedro i hladno vrijeme.



*Tirensko more* je od Sardinije i Korzike zaštićeno od zapadnih vjetrova, pa ono ima i mirnije vrijeme. Zimi i ujesen prevladavaju sjeverni vjetrovi s kopna. To je zapravo bura koja prelazi Apenine i proširuje se na Tirensko more* Ljeti pretežno puše vjetar s mora, ali povremeno i s kopna. Ovdje se ne osjeća mistral iz Lionskog zaljeva.

*U Mesinskom prolazu* prevladavaju NW—NE vjetrovi. Ljeti ti vjetrovi uveče popuštaju. Kad Rta Spartivento ima dva puta više vjetrova W nego NE, ali često i protusmjernih vjetrova (po njima je i sam rt dobio svoj naziv). Inače oko Italije u svako doba godine pušu vjetrovi iz W, pod nazivom *ponente.*

*U Lionskom zaljevu,* kao i u cijelom području od rijeke Ebra do Đenoveškog zaljeva, poznat je suh i hladan vjetar smjera WNW—NNW, pod nazivom *mistral.* Taj vjetar puše u svako doba godine, naročito u proljeće i zimi. Tada se nad Francuskom nalazi hladan anticiklon ili jezik visokog tlaka, a nad Lionskim zaljevom niski tlak. Predznak tog vjetra je mrtvo more, koje se naročito osjeća na ruti Gibraltar—Genova. Zimi je poznat i vjetar *gregal* iz smjera N—NNE koji ne traje dugo, ali je veoma jak i hladan.

*U Gibraltarskom tjesnacu* javljaju se istočni i zapadni vjetrovi. Ljeti ima jednako E i W vjetrova. U ostalom dijelu godine, naročito zimi, prevladavaju vjetrovi iz zapadnih smjerova. *Levante* puše iz E (zahvaća i središnji dio Sredozemnog mora), donosi ružno vrijeme s kišom. *Poniente* puše iz W, naročito zimi pri suhom i vedrom vremenu, a ako je olujne jačine, donosi kišu i maglu. Vjetrovi iz SW smjera, koji skreću na W i NW, u zimskim mjesecima poznati su pod nazivom *vendavales.* U Gibraltaru, oko pojedinih rtova, javljaju se često i protivsmjerni vjetrovi pod nazivom *contrastes* [kontrastes]; oni se javljaju i do Toulona, kao i uz obalu Maroka.

*Uz istočne obale Španjolske* zimi pušu vjetrovi pretežno s kopna i iz NW smjera, a ljeti s mora, i to noću. Uz južnu obalu u svako doba puše suh i topao SE—SW vjetar, s mnogo pijeska iz Afrike, poznat kao *leveche* [leveke], a uz istočnu obalu E—ESE vlažan vjetar (sličan jugu) *solano.* U rubnim morima Španjolske javlja se SW vjetar *vendavales.*

*Uz obalu sjeverne Afrike* u toplo godišnje doba (V—X mj.), bliže Gibraltaru, prevladavaju W vjetrovi, a dalje prema istoku vjetrovi više iz smjera NW—NE. U hladno godišnje doba (XI—III mj.) vjetrovi su nestalni, a češće istočni. U svako doba godine puše jugo, a najviše od VII do VIII mjeseca. Oluja s juga, pod nazivom *samun,* nosi oblake pijeska i nad Evropom. Sličan tom vjetru, koji dolazi iz oblasti UAR, zove se *khamsin* [kamsin]. Puše u svako doba, uz visoku temperaturu i nisku relativnu vlagu.

Za vrijeme E vjetrova horizont je vrlo mutan, pa je i vidljivost slaba, a za vrijeme W vjetrova vidljivost je normalna.

*U srednjem dijelu Sredozemnog mora,* istočno od Malte, čitavu godinu tendencija je na W vjetru. Ipak je SE vjetar (široko) češći u jesen. Zimi pušu jaki NE vjetrovi pod nazivom *gregale.* Najčešće nastaju pod sličnim uvjetima kao i bura na Jadranu.

*U sjevernom dijelu Jonskog mora* zimi se izmjenjuju NW i SE vjetrovi (paralelno s obalom Italije). Ipak ljeti prevladava NW vjetar. U predjelu Sidra zimi se javljaju vjetrovi između NW i W, a ljeti u južnom dijelu između N i NE.

* Ako ima sjeverni smjer, naziva se tramontana, a sjeveroistočni greco [greko].

*U istočnom dijelu Sredozemnog mora* vjetrovi su uglavnom iz NW, osim uz obalu Sirije i Izraela, gdje prevladavaju SW vjetrovi. Oluje dolaze uglavnom iz NW, između SW i NW, a također i iz NE (u blizini Cipra).

*Vjetrovi uz obale Crnog mora* mijenjaju smjer u obratnom smjeru kazaljke na satu (kao i morske struje), a naročito je to izrazito zimi. Na istočnoj obali pušu iz smjera E—NE, na sjevernoj iz NE, a na zapadnoj pretežno iz N. Južne obale imaju vjetrove iz južnih kvadranata (kod Batuma SW). Vjetar iz NE nosi ime *bura.* Ona uglavnom puše zimi i ima karakteristike bure na Jadranu.

### (B) Vjetrovi na obalama Atlantika

**113. Vjetrovi u Engleskom kanalu.** — *Vjetrovi su u Kanalu pod utjecajem ciklona ili anticiklona koji dolaze iz Atlantika.* Tišina ima u ljetnim mjesecima; ako se pojave zimi, one su predznak pogoršanja vremena. Uglavnom se može reći da ima više vjetrova iz zapadnih kvadranata (S, SW, W i NW) nego iz istočnih (N, NE, E, SE). Jačina vjetra zavisi od dubine odnosno razvijenosti ciklona (depresije). Zimi, naročito u siječnju, ciklonalne oluje u Kanalu prilično su česte (prosječno oko 23 olujna dana), ljeti ih je mali broj (oko 4). Kratkotrajne zimske nevere dolaze s gustim snijegom i gradom.

*Općenito se može reći da o putanjama ciklona varira i vjetar, pa za svaki slučaj treba proučiti sinoptičku situaciju.*

Sjeverni vjetrovi kod francuske obale su rijetki, ali kratkotrajni i žestoki, a često i opasni. Zbog tih vjetrova, kao i čestih W i NW vjetrova, povoljnije je izabrati rutu *bliže engleskoj obali.* Taj dio obale općenito je prikladniji za navigaciju jer su struje morskih mijena umjerenije, konfiguracija dna je bolja za orijentaciju mjerenjem dubina, pomorska svjetla pogodnije su raspoređena i dr.

U proljetnim mjesecima to je područje često pod anticiklonalnim jakim E ili NE vjetrovima, prilično stalne prirode, za razliku od prethodnih. Tada vlada lijepo vrijeme s visokim atmosferskim tlakom.

**114. Vjetrovi u Biskajskom zaljevu.** — U ljetnim mjesecima vladaju blagi vjetrovi i lijepo vrijeme. U jesenjim i zimskim mjesecima česte su oluje iz NW, s početkom iz S, a zatim skreću preko SW, W na NW; traju ponekad do dva tjedna. Za tog vjetra nastaje poznato ukrižano more zbog interferencije morskih valova tog vjetra i valova iz E i S, odbijenih od francuske obale. Biskaj je poznat po vrlo razvijenom ukrižanom moru. Mrtvo more iz NW redovno prethodi takvoj situaciji.

**115. Vjetrovi u području zapadne i južne obale Afrike.** — SE pasat ne doseže do Gvinejskog zaljeva. Čitavo *područje Gvinejskog zaljeva* približno do crte koja spaja Rt Verde (Cape Verde) [Kejp Verde] i Rt dobre nade (Cape of Good Hope) [Kejp of gud Houp] pod utjecajem je vjetra poznat po imenu afrički SW monsun. Nastaje zbog niskog tlaka formiranog nad Afrikom. Između tog područja i područja NE pasata uska je zona promjenljivih vjetrova i tišina, s ponekom neverom od kolovoza do listopada. Ovaj SW monsun uglavnom je produžetak SE pasata. Vrijeme je slično kao kad na Jadranu vlada jugo. U tom predjelu javljaju se i žestoki tornadi koji se kreću protiv vjetra, a počinju naglo sa NE vjetrom orkanske jačine. Između Rta Verde i Rta Lopez (Cape Lopez), od XII do II mjeseca puše E—ENE hladan i suh vjetar s prilično prašine, poznat po imenu *harmattan.* Traje najviše tjedan dana.

*Vjetrove u području južne Afrike možemo podijeliti u dva godišnja doba:* ljeti pušu vjetrovi ciklonalnog karaktera, a zimi anticiklonalnog. Ljeti prevladavaju vjetrovi SE, a zimi W. Predznaci žestokog ljetnog vjetra iz SE gusti su bijeli oblaci na vrhu (platou) planine Table Mountain. Čim se primijeti taj predznak, treba poduzeti sve mjere opreza.

Oluje iz NW—SW česte su u VI i VII mjesecu, ali se mogu javiti u bilo koje doba godine.

**116. Vjetrovi oko Cape Horna.** — Vjetrovi olujne jačine iz W s veoma razvijenim morem (s najvećim izmjerenim visinama valova oko 13 m), snijegom i gradom neugodni su za pomorca koji namjerava obići Cape Horn [Kejp Horn], pogotovu ako to mora biti u kursovima prema W. Parobrodi koji plove iz Tihog oceana u Atlantski redovito prolaze kroz Magelanov tjesnac koji je također poznat po neugodnim vjetrovima, strujama i maglama. Naročito su opasni vjetrovi iz IV kvadranta, pod imenom *willy-waves* [vili-vejvs]. Tišine su rijetko duže od jednog dana. Cikloni polarnog fronta južne hemisfere u bilo koje doba godine dolaze iz IV kvadranta, prelaze Cape Horn, a često se tu i zaustave i duže vrijeme. Na prednjoj strani tih ciklona je vjetar NW, a na stražnjoj SW.

Najveće su oluje u ožujku. Općenito, zimski mjeseci od IV do VIII povoljniji su za navigaciju nego ljetni.

**117. Vjetrovi u području La Plate i Brazila.** — Olujni SW vjetar *u području La Plate,* približno između paralela 30°S i 40°S, zove se *pampero.* Najčešće puše zimi. Normalno počinje iz NE, a zatim preko N prema SW, gdje dostiže maksimalnu jačinu. Završavaju najčešće sa SE, poslije čega nastupa i lijepo vrijeme. Taj vjetar nastaje kao posljedica sudara toplih zračnih masa iz Brazila i hladnih iz južne Patagonije. Zimi traje najviše tjedan dana, a *ljeti, pod imenom turbonades,* počinje i završava u toku jednog dana, ali može biti žestok i opasan. Predznaci su mu sijevanje na SW dijelu horizonta (aurora!), velika bistrina atmosfere, nesnosna sparina i nestalan vladajući NE vjetar (Norte duro, pampero seguro).

U predjelu pampera, oko ušća La Plate, SE vjetar pod nazivom *suestadas* donosi kišovito vrijeme i razvijeno more. Uz obalu Patagonije, poznat je kao vjetar s kopna *terral,* a s mora *virazon.*

*U području Brazila* južno od paralele 15°S SE pasat ne doseže do obale. U ljetnim mjesecima, nad središnjim Brazilom formira se centar niskog atmosferskog tlaka, pa se javljaju vjetrovi iz NE do ENE, pod nazivom brazilijanski monsun (slično kao i afrički monsun). Taj se vjetar osjeća uzduž obale do južno od Rio de la Plate. Neki navode i zimski monsun iz SE, koji je zapravo SE pasat. Uglavnom zimi prevladavaju SW i SE vjetrovi. Oko Cape Frio [Kejp Frio], blizu Rio de Janeira, za vrijeme SE monsuna javljaju se često kratke ali žestoke oluje s vjetrom iz S do SW; slične oluje iz SW između VII i IX mjeseca, nazvane *pampero,* javljaju se i u blizini Rio de la Plate.

**118. Vjetrovi u području Srednje Amerike.** — *Norder* je poznat hladan vjetar iz smjera N, koji od IX do IV mjeseca zahvaća Meksički zaljev i zapadni dio Karipskog mora, a zahvaća i pacifičku obalu Srednje Amerike i južnog Meksika. U predjelu Panamskog kanala (luka Colon) norther [norder] je najčešći u II mjesecu, a zatim u I i III. Dolazi duž doline rijeke Mississippi, pa je postojan. U razdoblju od XII do III mjeseca može brzo dostići olujnu jačinu. Inače je kao vjetar anticiklona, razvijenog nad hladnim kontinentom Sjeverne Amerike, sličan našoj buri (dry norther = suhi norder). Pod utjecajem ciklona može biti i s kišom ili snijegom (wet norther = vlažni norder). Norder se može pojaviti i ljeti, ali je rijetko kada jak vjetar.

Oko južnih obala Kube puše čitave godine olujni vjetar NW—NE, nazvan *bayamos* [bajamos].

**119. Vjetrovi u Zaljevu sv. Lovrijenca.** — Prva i glavna prepreka za plovidbu tim i susjednim zaljevima i morima jesu led (od XI do III mjeseca) i ledeni bregovi (najviše kod otoka Anticosti) (v. Navigacija I, t. 197), a zatim magle (za vrijeme SE vjetra i tišina). U vrijeme slobodne plovidbe E i W vjetrovi uglavnom skreću prema Rijeci sv. Lovrijenca. U proljeću prevladavaju W vjetrovi, a ljeti SW vjetrovi i suho vrijeme. U jesen i zimi pušu hladni vjetrovi iz smjera N do NW, sa snijegom, a često su i olujni.

## PITANJA

### 1. Temperatura

1. Što je toplina, a što temperatura? Objasnite odnos između topline i temperature.
2. Koji je glavni izvor topline i koja je njegova važnost za obavljanje meteoroloških procesa u atmosferi?
3. Što je solarna konstanta, kolika je njena vrijednost i kakvo je njeno značenje u općoj cirkulaciji atmosfere?
4. Što je insolacija, a što radijacija? Objasnite njihovo značenje u procesu zagrijavanja Zemlje (atmosfere, čvrstog i vodenog pokrivača)?
5. Što se sve događa sa Sunčevim zrakama koje prodru u atmosferu?
6. Od čega zavisi intenzitet Sunčeve radijacije a od čega trajanje insolacije?
7. Objasnite procese zagrijavanja i ohlađivanja Zemljine površine (kopna i mora) i atmosfere (zraka).
8. Kojim se procesom regulira temperatura Zemljine površine i atmosfere?
9. Što je aktivni sloj i koja je njegova uloga u toplinskom režimu atmosfere?
10. Objasnite specifičnosti u zagrijavanju i ohlađivanju mora.
11. Na koji se način prenosi toplinska energija u atmosferu i koji se procesi pri tome javljaju?
12. Objasnite zbog čega i na koji način nastaje opadanje temperature s visinom.
13. Što je to vertikalni termički gradijent, što nazivamo izotermijom a što prizemnom inverzijom temperature?
14. Što je to adijabatsko zagrijavanje odnosno hlađenje, kako nastaje i koje su posljedice tih procesa? Definirajte i objasnite adijabatski gradijent.
15. Zašto se zasićen zrak koji se adijabatski širi manje ohlađuje nego nezasićen zrak?
16. Što je nivo kondenzacije i od kojih uvjeta zavisi njegova visina nad Zemljinom površinom?
17. Koju ulogu imaju adijabatski procesi u razmjeni topline i u cirkluciji vode između Zemljine kore i atmosfere?
18. Navedite i objasnite ravnotežna stanja atmosfere. Uz kakve je uvjete stratifikacija zračnih masa u atmosferi osobito stabilna?
19. Što nazivamo konvektivnim strujanjem i zašto nastaje?
20. Koji su oblaci proizvod konvektivnih strujanja u troposferi i kako nastaju?
21. Kojim je uvjetima određen stabilitet zračnih masa u troposferi i koje tipove stratifikacije razlikujemo?
22. Kakva je stratifikacija zračnih masa za nezasićen zrak, a kakva za zasićen zrak pri različitim vertikalnim gradijentima?
23. Kako se određuje koja je zračna masa stabilna odnosno nestabilna?
24. Što je dnevna amplituda temperature, a što godišnja, i od čega zavise?
25. Što su to izoterme odnosno hidroizoterme, a što termički ekvator?
26. Objasnite geografsku podjelu temperature i uzroke nejednakosti.
27. Analizirajte karte izoterma na str. 22.—24.
28. Što je to pol hladnoće i koje su ekstremne temperature zabilježene na Zemlji i gdje?

### 2. Vodena para u atmosferi

29. Objasnite agregatna stanja u kojima se može nalaziti voda.
30. Koji su procesi vezani za promjenu agregatnog stanja vode i kako se oni odvijaju?



31. Od čega zavisi intenzitet isparavanja Zemljine površine?
32. Na koji se način vodena para prenosi u više slojeve atmosfere?
33. Objasnite kruženje vodene pare Zemlja — atmosfera — Zemlja. Koji procesi prenose vodenu paru sa isparavajuće površine u atmosferu?
34. Što nazivamo apsolutnom vlagom i kojim se jedinicama mjere ona izražava?
35. Što nazivamo relativnom vlagom i kojim se jedinicama mjere ona izražava?
36. Što nazivamo rosištem i čime je ono uvjetovano?
37. Uz koje se uvjete vodena para u atmosferi ne kondenzira, već sublimira?
38. Pod kojim se uvjetima kondenzira dio vodene pare koja se nalazi u atmosferi?
39. Kako se mijenja vrijednost apsolutne i relativne vlage u zraku: a) u toku dana, b) u toku godine, c) u različitim geografskim područjima?
40. Kakva je raspodjela vodene pare po visini atmosfére (troposfere)?

### 3. Oblaci

41. Što je oblak i kako nastaje? Od čega zavise oblik i dimenzije oblaka? Koje su glavne osobine oblaka?
42. Što nazivamo oblačnim sistemom?
43. Kako se dijele oblaci s obzirom na visinu postanka?
44. Na kojim se principima temelji i kakva je međunarodna klasifikacija oblaka?
45. Kako nastaju i koje su karakteristike:
    a) visokih oblaka Ci, Cs i Cc
    b) srednjih oblaka Ac i As
    c) niskih oblaka Ns, Sc i St
    d) oblaka vertikalna razvitka Cu, Cb
    e) orografskih oblaka,
    f) specijalnih oblaka?
46. U čemu se razlikuju Cb-oblaci termičkog porijekla od Cb-oblaka dinamičkog porijekla?
47. Što je to nakovanj oblaka i kako nastaje?
48. Iz kojih oblaka padaju oborine:
    a) sipućeg karaktera, b) trajnog karaktera, c) pljuskovi?
49. Koje su optičke pojave karakteristične za oblake koji se sastoje: a) od ledenih iglica, b) od kapljica, c) od kristala snijega?
50. Koji su oblaci predznak jačanja vjetra, posebno olujnih udara vjetra?
51. Objasnite geografsku raspodjelu naoblake.
52. Objasnite pojedine vrste oblaka iz Međunarodnog atlasa oblaka.

Napomena: Na početku svakog nastavnog sata treba provjeriti poznavanje oblaka koji tog dana pokrivaju nebo nad školom.

### 4. Meteori

53. Što je meteor? Kako se klasificiraju meteori?
54. Što je hidrometeor? Kako se dijele hidrometeori?
55. Kako nastaju i koje karakteristike imaju:
    a) rosa, b) slana, c) inje, d) poledica, e) kiša, f) rosulja, g) snijeg, h) morski dim, i) snježne kuglice i zrnca, j) ledene kuglice, k) grad i ledene prizmice (iglice)?

56. U kojem se slučaju na Zemljinoj površini stvara rosa, a u kojem slana? U čemu je razlika između slane i inja?
57. Kako se dijele oborine po svom karakteru? Definirajte njihove specifičnosti.
58. Kako se objašnjava dugo držanje proizvoda kondenzacije u atmosferi?
59. Kakav karakter imaju proizvodi kondenzacije koji nastaju kao rezultat: a) radijacijskog ohlađivanja prizemnog sloja zraka, b) miješanja dviju zračnih masa, c) ohlađivanja zraka od hladnije Zemljine površine, d) adijabatskog širenja zraka u uzlaznim konvektivnim strujama, e) prelaženja struje hladnog zraka nad toplijom površinom koja isparava?
60. Što su to orografske oborine?
61. Kakva je geografska podjela oborina na Zemljinoj površini i od čega ona zavisi? Navedite područja Zemlje u kojima pada najviše oborina i objasnite zašto.
62. Gdje su područja vječita snijega i leda (glečera) i zašto?
63. Što je magla, kako nastaje i čime se razlikuje od oblaka?
64. Koje su glavne vrste magle, kako nastaju i koja vrsta magle ima posebno značenje za navigaciju?
65. Koji uvjeti pogoduju nastajanju: a) radijacijske magle, b) advektivne magle?
66. Koja su navigacijska područja svjetskog mora najviše ugrožena od magle i zašto?
67. Kakva je raspodjela i utjecaj magle na plovidbu u: a) Atlantiku, b) Pacifiku, c) Indijskom oceanu, d) Sredozemnom i Jadranskom moru?
68. Što spada u litometeore?
69. Kako nastaju i koje su karakteristike: a) suhe mutnoće, b) prašinske mutnoće, c) dima, d) prašinske (pješčane) mećave i oluje odnosno vrtloga?
70. Što su to fotometeori? Objasnite postanak i karakteristike: a) haloa, b) vijenca, c) irizacije, d) glorije, e) duge, f) kruga oko Sunca, g) kruga oko Mjeseca, h) sumraka — vrste sumraka i njihovo značenje za navigaciju, i) jutarnjeg i večernjeg rumenila, j) miraže (zrcaljenja), k) nebeskog plavetnila.
71. Što su elektrometeori? Kako nastaju i koje su karakteristike: a) grmljavine, b) vatre sv. Ilije, c) polarne svjetlosti (aurore)?

### 5. Vidljivost

72. Što razumijevate pod vidljivošću?
73. Od čega zavisi vidljivost i kako se procjenjuje: a) danju, b) noću?
74. Objasnite važnost vidljivosti za sigurnost plovljenja.

### 6. Atmosferski tlak

75. Što je atmosferski tlak, čime se mjeri i u kojim se jedinicama izražava?
76. Što je jedna atmosfera, a što hidrostatska atmosfera?
77. Što je normalni atmosferski tlak, a što tendencija atmosferskog tlaka?
78. Koja je razlika a koja veza između mmHg i mb? Objasnite što znači kada kažemo da je atmosferski tlak 786,8 mmHg, a što 1 049 mb.
79. Koliki je ukupan tlak na dubini mora: a) 10 m, b) 35 m, c) 500 m, d) 3 100 m, e) 10 150 m?
80. Od čega zavisi vrijednost atmosferskog tlaka nad jednom tačkom?
81. Što je izobarička ploha, a što izobarička stopa?
82. Što su to izobare, što one prikazuju i kako se crtaju na karti?



83. Što je to vertikalni barički gradijent, a što horizontalni, i čime su oni određeni? Koji je uzrok nastajanju baričkog gradijenta?
84. Kako se određuju elementi baričkog gradijenta po karti izobara?
85. Kakva je veza između vjetra i baričkog gradijenta (po smjeru i jačini)?
86. Zašto se vrši redukcija atmosferskog tlaka na razinu mora? Objasnite popravke koji dolaze u obzir?
87. Nabrojite i objasnite pojedine vrste izobara i baričkih sistema.
88. Kako i zašto se mijenja atmosferski tlak: a) promjenom visine, b) promjenom geografskog položaja, c) u toku dana, d) u toku godine?
89. Kakav je pravilan dnevni tok promjene atmosferskog tlaka uopće, a posebno u tropima i kada se taj tok poremećuje?
90. Skicirajte geografsku podjelu atmosferskog tlaka na Zemljinoj površini i objasnite ovu podjelu.
91. Analizirajte karte izobara za mjesec siječanj i srpanj (str. 69 i 70).
92. Pokažite (skicirajte) stalna mjesta visokog i niskog atmosferskog tlaka na Zemlji i objasnite njihovo značenje i utjecaj na vrijeme.

### 7. Vjetar

93. Objasnite kako nastaju zračna strujanja i koje vrste postoje?
94. Što je vjetar i kako nastaje? Što su to strujnice i kako se crtaju?
95. Kako se označava smjer vjetra, a kako njegova jačina (brzina)?
96. Objasnite opću podjelu vjetrova.
97. Što podržava nejednoliku raspodjelu atmosferskog tlaka na Zemlji?
98. Kakva je uzajamna veza između raspodjele atmosferskog tlaka i vjetra na Zemlji uopće?
99. Koji elementi određuju vjetar i od čega zavisi njihova vrijednost?
100. Koji su uzroci skretanja vjetra od smjera baričkog gradijenta? Otklanjaju li se jednako jaki i slabi vjetrovi?
101. Objasnite utjecaj Coriolisove sile na vjetar i tijela u kretanju uopće.
102. Na koju se stranu od smjera baričkog gradijenta otklanja vjetar i zašto: a) na sjevernoj hemisferi, b) na južnoj hemisferi?
103. Što je to karakter vjetra i kakav on može biti s obzirom na strukturu strujanja?
104. Što nazivamo laminarnom strukturom zračnog strujanja, a što turbulentnom, čime su one uvjetovane i u čemu se očituju? Što je to geostrofički vjetar, a što gradijentni? Koja je njihova praktična važnost?
105. Kakva je pravilna promjena vjetra za dan i godinu?
106. Kakvu važnost ima vjetar za navigaciju?
107. Kakva može biti cirkulacija zraka u troposferi?
108. Objasnite opću cirkulaciju zračnih masa u atmosferi.
109. Skicirajte i objasnite opću geografsku podjelu vjetrova na Zemlji s obzirom na opću raspodjelu atmosferskog tlaka.
110. Kako se objašnjava postojanje stalnih oblasti visokog tlaka u pojasu oko $30^0$—$35^0$ N i S i u kojem polugodištu su one intenzivnije?
111. Kako nastaju pasati, a kako antipasati?
112. Koje su karakteristike pasata, koja područja zahvaćaju uopće, a posebno u pojedino godišnje doba?

113. U kojim se geografskim širinama nalazi pojas tišina, koja temperatura, vlaga, naoblaka i vjetrovi u njemu prevladavaju i kakav je intenzitet oborina u toku godine?
114. U kojim se geografskim širinama, osim u pojasu tišina, opaža relativno nizak atmosferski tlak?
115. Kakav vjetar nazivamo mirnim, pulzivnim i olujnim?
116. Gdje je jače skretanje vjetra od gradijenta:
a) u nižim ili višim širinama, b) nad morem ili kopnom,
c) u prizemlju ili na visini?
117. Koje su karakteristike zapadnih vjetrova, koja područja zahvaćaju i u čemu se oni razlikuju od pasata?
118. Koje se geografske širine nazivaju konjske i zašto?
119. Kako i zašto nastaju atmosferski frontovi i kako se nazivaju?
120. Što su to periodični vjetrovi i kako nastaju?
121. Gdje i zašta nastaju monsuni? Opišite karakteristike monsuna Indijskog oceana i njihov utjecaj na plovidbu tim područjem.
122. Kakav je sistem vjetrova u:
a) Atlantskom oceanu, b) Tihom oceanu, c) Indijskom oceanu?
123. Nabrojite i objasnite karakteristike vjetrova:
a) uz obale istočnog Atlantika,
b) uz obale zapadnog Atlantika,
c) Sredozemnog mora i njegovih rubnih mora.
124. Što utječe na postanak i razvoj vjetrova na Jadranskom moru u toku dana i godine?
125. Objasnite kako nastaje:
a) vjetar s mora, b) vjetar s kopna, c) vjetar s brda i doline, d) fen.
126. Objasnite postanak i karakteristike bure. Koja su područja Jadrana naročito izložena buri, a koja su od nje zaštićena? Koji su predznaci bure?
127. Objasnite postanak i karakteristike juga. Koja su područja Jadrana naročito izložena jugu, a koja su od njega zaštićena? Koji su predznaci juga?
128. Objasnite postanak i karakteristike maestrala, koja su područja Jadrana naročito izložena maestralu a koja su od njega zaštićena? Kada najviše puše?
129. Što su nevere, kada i kako nastaju, koji su predznaci pojava nevere na Jadranu i kakvo je njihovo značenje za navigaciju?
130. Nabrojite i objasnite karakteristike vjetrova:
a) uz obale istočnog Pacifika,
b) uz obale zapadnog Pacifika,
c) u Adenskom zaljevu, Perzijskom zaljevu i Crvenom moru.
131. Koji priručnici daju sve potrebne podatke o vjetrovima oceana i pojedinih mora?



# III. METEOROLOŠKA MOTRENJA I IZVJEŠTAVANJA

## 1. OPĆENITO

**120. Pojam motrenja i izvještavanja.** — *U meteorološkoj službi pod motrenjem se razumijeva mjerenje meteoroloških elemenata (pomoću instrumenata) i vizuelno promatranje (bez instrumenata).*

Cilj je motrenja da se zapazi i zabilježi stanje vremena (meteoroloških elemenata) koje se odražava na instrumentima i čulima motrioca. Motrenja treba da su što češća. Time se dobiva potpunija slika ne samo stanja vremena u trenutku motrenja već i razvoja vremena uopće. Neprekidnost motrenja je osigurana pomoću pisaćih instrumenata (autografa). Inače, kod svih meteoroloških stanica obavezna su redovna (terminska) motrenja, a vanredna motrenja vrše se povremeno, i po potrebi. Posebno se motre nagle vremenske promjene, ili opasne pojave. Kao opasne smatraju se sve one pojave koje mogu ugroziti sigurnost broda, npr. gusta magla, oluja, jaki i nagli udari vjetra i sl. Nagla poboljšanja vremena također se motre i o njima se izvještava.

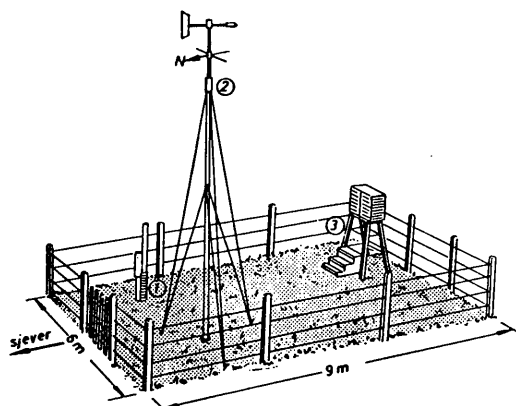
Odabrani brodovi na moru, kao i sve meteorološke stanice uopće, vrše površinska meteorološka motrenja i emitiraju izvještaje za potrebe međunarodne sinoptičke službe barem za glavne sinoptičke termine: 00.00, 06.00, 12.00 i 18.00 sati po srednje griničkom vremenu (SGV), a po potrebi i u sinoptičkim međuterminima svaka tri sata, tj. još u 03.00, 09.00, 15.00 i 21.00 sat. Međutim, ako u toku dana nije moguće izvršiti propisana četiri sinoptička motrenja, tada se vrši onoliko motrenja koliko prilike dopuštaju. Ta motrenja vrše se u međusobnoj razmjeni izvještaja radi izrade sinoptičkih karata, pregleda i prognoze vremena, i to prvenstveno radi sigurnosti pomorskog prometa.

Meteorološka motrenja za potrebe klimatologije vrše se u 06.00, 14.00 i 21.00 sat.

Motrenje meteoroloških elemenata dovoljno je početi 10 minuta prije utvrđenog vremena i završiti 10 minuta poslije. Redoslijed pojedinih motrenja treba podesiti tako da se elementi koji se brže mijenjaju (npr. temperatura i vlažnost zraka) otčitaju što bliže utvrđenom terminu motrenja, a živin barometar da se otčita u određeno vrijeme.

Ako prilike na brodu onemogućavaju motrenje u propisane termine, tada treba motriti što bliže određenom terminu, s tim što se upisuje vrijeme stvarnog motrenja.

Svi podaci dobiveni motrenjem upisuju se u »Brodski meteorološki dnevnik« (BMD). Nakon završena motrenja motrilac odmah sastavlja i šifrira




*Sl. 42. Klimatološka stanica III reda na kopnu*
1 — kišomjer; 2 — vjetrokaz; 3 — meteorološki zaklon

OBS METEO-izvještaj, koji predaje brodskom radio-telegrafistu za emisiju. Za taj rad na brodu odgovoran je časnik palube koji ima stražu na mostu za vrijeme termina motrenja. Kada brodovi iz bilo kojeg razloga ne mogu meteo-izvještaje predati svojoj nacionalnoj meteorološkoj stanici, oni ih predaju bilo kojoj sabirnoj meteorološkoj stanici područja plovljenja, određenoj za prikupljanje tih izvještaja. Ta ih stanica prosljeđuje svom hidrometeorološkom centru. Troškove za predaju i primanje meteo-izvještaja snose odnosne države jer im je to obaveza kao članica Svjetske meteorološke organizacije.

Da bi se osiguralo što savršenije motrenje i ispravno funkcioniranje instrumenata, nadležni organi posjećuju brodske meteorološke stanice radi kontrole i pomoći motriocima. Zato svaka nacionalna meteorološka služba, koja ima organiziranu brodsku meteorološku službu, ima jedan ili više lučkih meteoroloških ureda, kojih su laboratoriji opremljeni uređajima za ispitivanje meteoroloških instrumenata na brodovima.

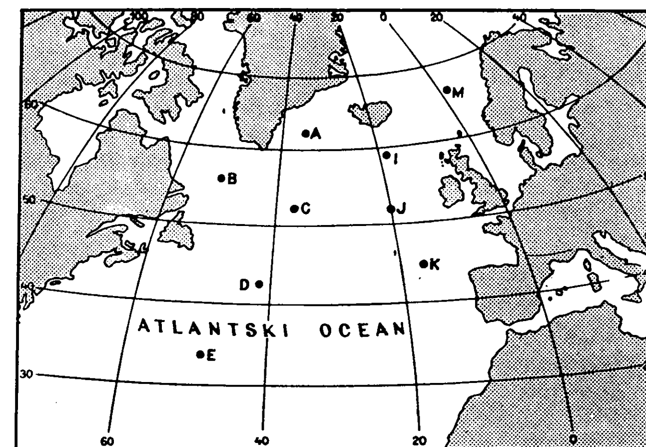
**121. Meteorološka stanica — pojam i vrste.** Meteorološka stanica je mjesto na kopnu ili brodu opremljeno potrebnim instrumentima radi organiziranog motrenja meteoroloških elemenata i pojava. Prema namjeni one su sinoptičke, klimatološke, aerološke, agrometeorološke i specijalne.

S i n o p t i č k e  m e t e o r o l o š k e  s t a n i c e neprekidno sudjeluju u dnevnoj izvještajnoj službi i međunarodnoj razmjeni meteoroloških podataka za potrebe sinoptičke službe (prognoze vremena) i radi sigurnosti prometa uopće. Dijele se na kopnene i pokretne (brodske) meteorološke stanice.

U brodske (pokretne) meteorološke stanice spadaju meteorološki brodovi (Weather ship) i određeni brodovi trgovačke mornarice koji dobrovoljno obavljaju meteorološka motrenja za vrijeme plovljenja i daju meteorološke izvještaje. S obzirom na samo motrenje, ti su brodovi podijeljeni u tri grupe:

*Odabrani brodovi* vrše površinska motrenja, sastavljaju i daju meteorološke izvještaje (depeše) u punom obliku prema obrascu FM 21. D SHIP i to četiri puta dnevno u glavnim sinoptičkim terminima 00.00, 06.00, 12.00, 18.00 sati SGV. Ti brodovi treba da imaju kompletno opremljenu brodsku meteorološku stanicu.






*Sl. 43. Položaji meteoroloških brodova u Atlantiku*

*Dopunski brodovi* vrše površinska motrenja, sastavljaju i daju meteorološke izvještaje u skraćenom obliku prema obrascu FM 22. D SHIP, također u glavnim sinoptičkim terminima. Ti brodovi ne moraju imati kompletan meteorološki instrumentarij.

*Ostali brodovi* u meteorološkom pogledu nazvani su »pomoćni brodovi«. Oni u znatno skraćenom obliku sastavljaju i odašilju meteorološke izvještaje po obrascu FM 23. D SHRED na zahtjev ili povremeno. U nekim područjima i pod izvjesnim okolnostima, mogu slati izvještaje i u otvorenom tekstu, ako ne znaju ili ne mogu upotrijebiti šifre. Ta vrsta brodova vrši meteorološka motrenja bez specijalnih meteoroloških instrumenata.

Pored spomenutih brodova trgovačke mornarice, meteorološka motrenja mogu se vršiti i na *brodovima svjetionicima, meteorološkim splavima, plutajućim automatskim meteorološkim stanicama* i na sličnim objektima.

Brodovi koji su specijalno građeni i opremljeni za meteorološku službu na oceanima nazivaju se *meteorološki brodovi* (ocean station vessel). Uglavnom su to preuređeni ratni brodovi tipa fregate. Oni kruže na određenim geografskim pozicijama. Te su pozicije na peljarskim kartama označene kružnicama u kojima su slova abecede. Brodovi se zamjenjuju svaka tri-četiri tjedna. Pored svoje osnovne namjene, meteorološki brodovi služe i kao pomoćni radio-fari. Za pomoć nastradalim zrakoplovima i brodovima, brodovi su opremljeni brodskom bolnicom i stručnim osobljem. Za tu svrhu održavaju stalnu radio-vezu sa zrakoplovima i brodovima u pomorskom prometu (na frekvenciji od 500 kHz). Na tim brodovima vrše se meteorološka površinska motrenja barem svaka tri sata, a mjerenja u višim slojevima putem radio-sondi dvaput dnevno. Vrše specijalna meteorološka motrenja i oceanografska mjerenja, primaju meteorološke izvještaje i crtaju sinoptičke karte, sastavljaju i daju meteorološke biltene, emitiraju upozorenja o vremenu i sl. Od 1954. g. postoji stalna mreža meteoroloških brodova, i to devet brodova na Atlantiku (sl. 43), a tri u Pacifiku.

K l i m a t o l o š k a  s t a n i c a vrši mjerenja i motrenja meteoroloških elemenata koji karakteriziraju klimu određenog područja. Prema opsegu mo-

trenja dijele se na stanice I, II. i III. reda, zatim na kišomjerne stanice (motre i mjere samo oborine) i pomoćne stanice (izvještavaju o nevremenu i vanrednim meteorološkim pojavama).

A e r o l o š k a s t a n i c a vrši meteorološka motrenja u slobodnoj atmosferi, i to redovno mjerenje atmosferskog tlaka, temperature i vlažnosti najmanje dvaput dnevno, a vjetra četiri puta dnevno. Stanice koje mjere samo vjetar zovu se *pilot-balonske* stanice, a daju podatke prosječno do 12 km visine. *Radio-sondažne* stanice daju podatke prosječno do 20 km visine.

A g r o m e t e o r o l o š k e s t a n i c e služe za meteorološka i biološka motrenja da bi se saznalo kako vrijeme i klima utječu na život biljnog i životinjskog svijeta. Mogu biti glavne ili pomoćne stanice.

S p e c i j a l n a m e t e o r o l o š k a s t a n i c a vrši specijalna motrenja atmosfere i mjerenja, npr. mjerenja pojedinih sastojaka atmosfere, mikroklimatološka mjerenja, mjerenja radioaktivnosti zraka i oborina i sl.

U te stanice ubrajaju se i *radio-meteorološke* i *automatske meteorološke* stanice*. Ove posljednje postavljaju se na mjestima gdje se ne mogu montirati i kontrolirati instrumenti.

**122. Vrste meteoroloških instrumenata.** — Za mjerenje vrijednosti meteoroloških elemenata služe razni meteorološki instrumenti. *Dvije su grupe tih instrumenata:* osnovni instrumenti (za trenutno pokazivanje stanja) i instrumenti pisači (instrumenti koji registriraju — autografi). *Osnovni brodski instrumenti jesu:* termometar, psikrometar, barometar, kišomjer i anemometar. Od ***autografa, na brodovima*** **se najčešće upotrebljavaju instrumenti pisači s mehaničkim prijenosom: termograf, barograf, anemograf i higrograf. Oni na papirnoj vrpci (dijagramu) neprekidno bilježe stanje odnosno promjenu pojedinih meteoroloških elemenata.**

Prema trajanju pisanja na jednom dijagramu (vrpci), pisači mogu biti dnevni i sedmodnevni (sedmični). Od skale za popisivanje registrirajućeg meteorološkog elementa zavise i dimenzije valjka.

Svaki osnovni instrument posebne je konstrukcije. Međutim, većina instrumenata pisača rade na istom principu i imaju velik broj sličnih dijelova, zato će se njihove opće osobine posebno objasniti. Specifičnosti i upotreba pojedinih instrumenata bit će prikazani posebno.

**123. Općenito o instrumentima pisačima.** — Sastavne dijelove instrumenta pisača prikazuje sl. 44. a.

*Prijemnik* (1) je dio koji direktno reagira na promjenu mjernog elementa. Promjene na prijemniku uvećavaju se preko prijenosnog sistema i prenose na pero, koje piše na papirnoj vrpci namještenoj oko valjka satnog mehanizma.

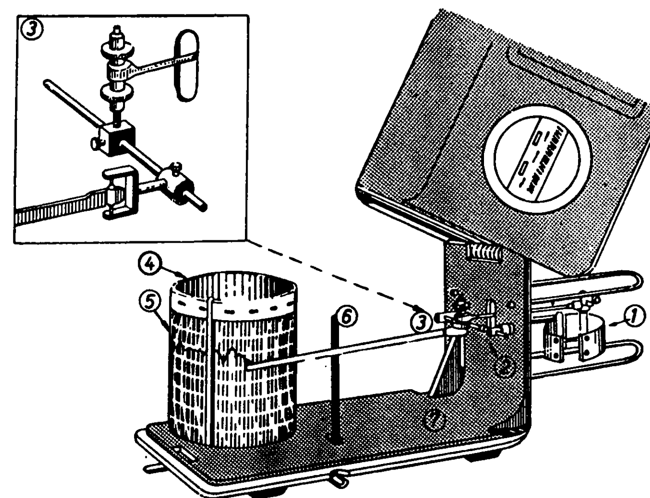
*Prijenosni sistem* (2) vezan je pomoću poluga i osovina jednim krajem za slobodan kraj prijemnika, a na drugom kraju nosi pero. Položaj pera pokazuje trenutnu vrijednost mjerenog elementa, koja se očita na ordinati vrpce.

*Sistem (vijak) za podešavanje položaja pera na vrpci* (3) služi za tačno postavljanje pera na početno stanje mjerenog elementa i reguliranje njegova koraka (to mogu vršiti samo stručne osobe).

*Valjak sa satnim mehanizmom* (4) nosi i ravnomjerno okreće papirnu vrpcu obavijenu oko valjka. Valjak obično učini jedan puni okret za nešto više od sedam dana ili jedan dan. Tačnost satnog mehanizma nije velika, zato ga treba kontrolirati. Sat se

* Prva automatska meteorološka stanica na nuklearni pogon postavljena je 1961. godine na otoku Axel Heiburg (sjeverozapadni dio Kanade).





*Sl. 44. a Glavni dijelovi instrumenta pisača — termografa*

1 — prijemnik (bimetalni), 2 — prijenosni sistem, 3 — sistem (vijci) za podešavanje, 4 — valjak sa satnim mehanizmom, 5 — papirna vrpca, 6 — šipka za odmicanje pera, 7 — kutija pisača

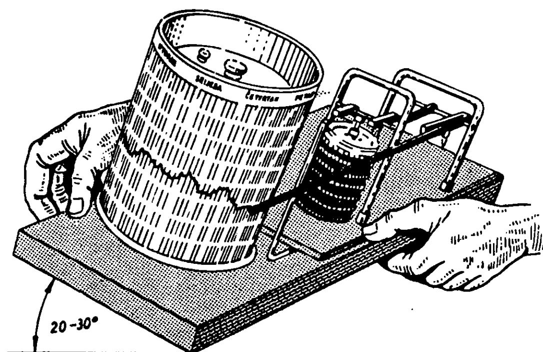
podešava polužicom, koja se nalazi s gornje strane valjka. Brzina okretanja valjka podešava se prema mjerilu skale papirne vrpce. Satni mehanizam navija se posebnim ključem.

*Vrpcom* (5) se naziva naročito tiskan list papira koji se stavlja oko valjka satnog mehanizma, a služi za bilježenje vrijednosti mjernog elementa. Vrpca s ubilježenom krivuljom naziva se općenito *dijagram*, a pojedine krivulje dobivaju nazive: *barogram, termogram, higrogram* itd. Na dijagramu apscisa ima vremensku podjelu (dan i sat), a ordinata vrijednosti mjernog elementa. Pri nabavljanju vrpca, treba uvijek označiti vrstu instrumenta, čijeg je izdanja i evidentični broj formulara. Nemamo li pravu papirnu vrpcu, možemo upotrijebiti paus-papir ili tanki papir veličine originalne vrpce. Taj papir stavlja se preko stare vrpce koja se nalazi na valjku.

*Vrpce se zamjenjuju redovno ponedjeljkom*, i to nakon završena motrenja, uvijek u isto vrijeme. Postupa se ovako: pripreme se vrpce za svaki pisač posebno (ako treba podsijeku se), tinta i zašiljeno drvce (gdje je potrebno). Sa sobom treba ponijeti tačan sat i olovku, kao i ključeve instrumenta. Na poleđini nove vrpce zapišu se mjesto i datum kad se vrpca postavlja, odnosno kad se pisač stavlja u pogon. Prema položaju pera, pročita se vrijeme, a zatim otvori kutija pisača. Digne se stari dijagram i na njegovoj poleđini zapiše datum i vrijeme skidanja. Zatim se navija pisač i postavlja vrpca oko valjka. Pregleda se pero, ako treba, očisti i dotjera, odnosno zamijeni, a zatim napuni tintom. Kad je to učinjeno, okrene se valjak u suprotnom smjeru njegova okretanja i podesi da vrh pera prilegne uz tačno vrijeme upisano na vrpci, a zatim, šipkom za odmicanje pera, pero se primakne uz vrpcu. Pero se ne smije pokretati. Nakon toga zatvori se kutija instrumenta. Budući da je teško dovesti pero na tačnu vremensku podjelu skale na vrpci, potrebno je u toku dana za vrijeme promatranja provjeravati njegov tačni položaj.

Trag pera treba da je tanak (ne deblji od 0,2 mm), zato pero mora biti uvijek čisto. Čisti se špiritom za gorivo, odnosno destiliranom vodom ili kišnicom, a obriše čistom suhom mekom krpom. Neispravno pero treba zamijeniti novim.

Za pera pisača upotrebljava se posebna tinta, kojoj su glavni sastojci glicerin i anilin. Tinta se stavlja u pero pomoću žice koja je provučena kroz čep bočice za tintu, a u nedostatku ove pomoću zašiljena drvca (čačkalice) ili guščjeg pera. Pero se ne




*Sl. 44. b. Kontrolno naginjanje ploče pisača — barografa*

smije prepuniti. Ako ne piše, tinta se dovodi na vrh pera pomoću žice, čačkalice ili guščjeg pera.

Kod pisača veliku ulogu ima jačina trenja između pera i vrpce. Pero je dobro namješteno ako lako dotiče valjak i ostavlja tanak i neprekidan trag na vrpci, a odvaja se od nje kada se instrument nagne na stranu pera oko 30° (sl. 44. b). U protivnom treba to regulirati vijkom na poluzi samog pera (v).

*Šipka za odmicanje pera* (6) nalazi se između valjka i držala pera, a kod nekih prolazi i izvan kutije. Prije nego se pisač stavi u pogon, treba kontrolirati položaj šipke.

*Greške kod pisača* redovno nastaju iz ovih razloga: nedovoljna osjetljivost prijemnika, kvar ili nečistoća na sistemu prijenosnih dijelova, netačnost satnog mehanizma, mrtvi hod između zupčanika i sl. Ako se kvar ne može otkloniti na stanici (brodu), treba tražiti novi instrument.

Veoma je važno da se pisači održavaju u čistom stanju. Čiste se mekanom četkicom. Za čišćenje i pranje vlasi na higrometru i higrografu potrebna je posebna četkica. Čisti se kad se vrpce zamjenjuju (ponedjeljkom).

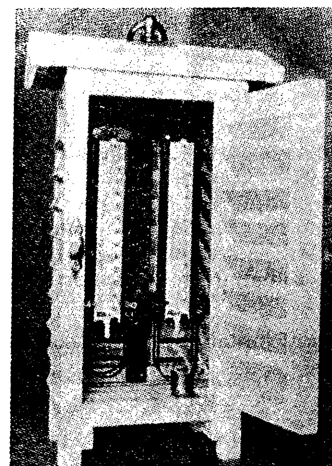
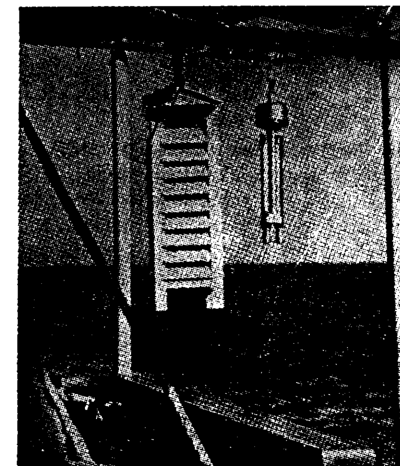
*Nedostaci pisača* uglavnom su ovi: nedovoljno su osjetljivi, netačnost hoda sata, pero ne piše promjene elemenata apsolutnom vrijednošću i dr.

*Prednost pisača* nad osnovnim instrumentima jesu: osiguravaju neprekidno registriranje pojedinih meteoroloških elemenata, upozoravaju na mnoge meteorološke pojave i njihove tendencije, prišteđuju česta motrenja i napore motrioca i svode njegov rad na minimum, omogućuju istovremeno proučavanje raznih meteoroloških elemenata i pojava.

**124. Greške instrumenta.** — Svaki instrument ima svoju tzv. *grešku instrumenta*. Ona nastaje pri izradi ili upotrebom instrumenta. Vrijednost te greške utvrđuje samo tvornica odnosno laboratorij nadležne meteorološke službe. Svaki instrument ima »Svjedodžbu« (certifikat), koja daje vrijednost popravka instrumenta ($k_i$). Popravak treba algebarski dodati otčitanoj vrijednosti dotičnog instrumenta. Uz tu grešku javlja se i *osobna greška motrioca*, npr. stalno motrenje prije ili poslije određenog roka, stalna osobna greška u čitanju i sl. Obje te greške čine tzv. sistematsku grešku. Postoje još i *slučajne greške* nastale propustom motrioca, a rijetko zbog netačna funkcioniranja samog instrumenta. Slučajne greške se otklanjaju ponovnim mjerenjem.

Instrumente koji se upotrebljavaju na meteorološkim stanicama (brodu) treba povremeno uspoređivati s normalnim instrumentima naročito velike tačnosti (nalaze se kod središnjih meteoroloških ustanova — zavoda), ili na samoj stanici (brodu) pomoću kontrolnih instrumenata (normalni, ali tačni instrumenti podešeni za prijenos).



a b

*Sl. 45. Brodski meteorološki zaklon*

a) smještaj psikrometra u zaklonu; b) obješeni zaklon (desno Assmannov psikrometar)

**125. Meteorološki zaklon.** — Instrumenti za mjerenje temperature i vlažnosti zraka na meteorološkim stanicama postavljaju se u naročito izrađeni drveni zaklon (kućicu), nazvan meteorološki zaklon (sl. 45a). Svrha je meteorološkog zaklona da zaštiti instrumente od svih vanjskih utjecaja, a da pri tom ne spriječi slobodno strujanje zraka oko instrumenta. Za kopnene stanice postoje dva standardizirana zaklona, koji se razlikuju samo po veličini. Brodski zakloni su prilično manji od onih na kopnu. Ima ih također dvije standardne veličine.

U veći stanični meteorološki zaklon obično su smješteni Augustov psikrometar (suhi i mokri termometar), ekstremni termometar (minimalni i maksimalni), pisači (termograf, higrograf), higrometar i Pišov evaporimetar. Osim instrumenta, u zaklonu se drži i mala bočica s destiliranom vodom ili kišnicom za kvašenje mokrog termometra. U manji zaklon, gdje se ne smještaju instrumenti pisači, termometri se postavljaju u sredini zaklona. S lijeve i desne strane mogu se držati higrometar i evaporimetar.

Brodski meteorološki zaklon služi uglavnom samo za smještaj Augustova psikrometra (suhog i mokrog termometra). Upotrebljava se u nedostatku Assmannova psikrometra (sl. 49). On se može učvrstiti na krovu zapovjedničkog mosta (kormilarnice) ili objesiti sa strane zapovjedničkog mosta, tako da mu je pristup s mora slobodan. Fiksno pričvršćeni zakloni nisu uvijek dovoljno izloženi stvarnoj temperaturi zraka nad morem, a zbog zapljuskivanja mora mogu biti i mokri. Najprikladnije je da se zaklon vješa pola sata prije motrenja, i to na privjetrenoj strani broda, približno u visini zapovjedničkog mosta tako da svjež i čist zrak može nesmetano strujati oko zaklona (sl. 45b).

U svakom slučaju on mora biti prijenosan da se može brzo i lako premještati, ako to zahtijevaju promjena kursa broda, promjena smjera vjetra ili drugi uvjeti.

## 2. MJERENJE TEMPERATURE

**126. Općenito.** — Termometri su instrumenti pomoću kojih se mjeri temperatura, i to redovno temperatura zraka, a po potrebi i temperatura mora (na obalnoj stanici i brodu).

Za međunarodnu razmjenu meteoroloških podataka temperatura se po pravilu izražava u Celziusovim stupnjevima (°C). Osnovne tačke Celziusove skale su tačka smrzavanja vode (0°C) i tačka vrenja vode (100°C), pri normalnom atmosferskom tlaku od 1 013 mb ili 760 mm Hg. Temperatura iznad 0° zove se pozitivna (+), a ispod 0° negativna (—). Mjeri se s tačnošću od 0,1°. Farenhajtovu skalu (°F) upotrebljava samo nekoliko zemalja, i to unutar nacionalnih granica.

*Za prijelaz iz jedne skale u drugu služe* Nautičke tablice, izd. HJ-JRM (tabl. 58. i 59). Inače je među njima ovaj odnos:

$$°C = \frac{5}{9}(°F - 32°) \qquad °F = \frac{9}{5}°C + 32°$$

Živa je najpodesnija tekućina za termometre, ali pri znatno niskim temperaturama upotrebljava se termometar punjen alkoholom (živa se smrzava na —38,8°C). Glavne dijelove termometra prikazuje sl. 46.

U upotrebi su živin termometar i termometar punjen alkoholom (minimalni termometar). Skale tih termometara redovno su podijeljene od —35°C do +45°C.

Razlikujemo ove *vrste živinih termometara:* obični termometar — suh i mokar (zajedno čine psikrometar), minimalni termometar, maksimalni termometar, Sixov termometar, obrtni termometar i termometar za mjerenje temperature mora. Od instrumenata pisača upotrebljava se termograf. Za motrenje na brodovima najviše se upotrebljava obrtni termometar, suhi i mokri termometar u zaklonu (psikrometar) i termometar za mjerenje površinske temperature mora.

Dobivanje reprezentativne temperature zraka nad morem naročito je teško zbog utjecaja jače zagrijanog brodskog trupa i prskanja mora. Ispitivanjima je ustanovljeno da se realne temperature zraka mogu dobiti mjerenjima na samom pramcu, na vrhu prednjeg jarbola ili, eventualno, visoko iznad kormilarnice. To se postiže specijalnim daljinskim termometrima, koji su montirani na prednjem jarbolu (zasada samo na istraživačkim brodovima). Od termometra kabel ide do navigacijske kabine u kojoj se nalazi pokazivač temperature. Tačnost mjerenja je ± 1°C.

Za što tačnije mjerenje temperature termometri se redovno postavljaju u meteorološki zaklon. Ako taj ne postoji, temperatura se može mjeriti obrtnim termometrom ili termometrom s ventilacijom (Assmannov psikrometar).

**127. Običan termometar.** To je živin termometar kojim mjerimo trenutno stanje temperature zraka (sl. 46 a). Na stanici (brodu) gdje postoji psikrometar to je redovno njegov suhi termometar. On je glavni termometar meteorološke stanice (broda) i po njemu se ravnaju ostali termometri. Obični termometri drže se i otčitavaju u vertikalnom položaju.

*Pri otčitavanju termometra* potrebno je:

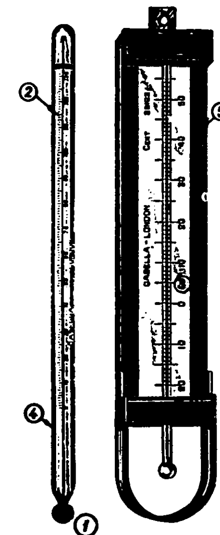
— provjeriti je li suhi termometar zaista suh;

— paziti da motrilac ne bi dahom zagrijao termometar (iz istog razloga termometar se ne smije dodirivati ni rukom);



*Sl. 46. a Obični termometar*

1 — posuda sa živom, 2 — staklena cjevčica kapilara, 3 — skala termometra, 4 — zaštitna cijev, 5 — okvir




— da oko motrioca bude tačno u visini meniska žive kako bi se izbjegla paralaktička greška;

— otčitavati što brže i s tačnošću od 0,1°;

— najprije otčitati desete dijelove, a onda pune stupnjeve;

— noću pri otčitavanju termometra koristiti se džepnom baterijskom lampom. Nju treba držati udaljenu od termometra. Upotreba šibica ili svijeće nije dopuštena;

— ako se termometar nalazi u meteorološkom zaklonu, vrata zaklona držati otvorena najnužnije vrijeme.

Pri padanju temperature, otčitane vrijednosti na termometru sa živom nešto su više od stvarne vrijednosti, a pri porastu nešto niže. Zbog toga, prije nego se termometar otčita, treba prstom lagano udariti po oklopu termometra, i to u visini žive.

**128. Maksimalni termometar.** — Služi za mjerenje maksimalne temperature zraka u toku nekog određenog vremena, obično za 24 sata. Razlikuje se od običnog termometra po tome što mu je kapilara sužena neposredno iznad živine posude. Zbog tog suženja kapilare, pri padu temperature nit žive se prekida i menisk žive ostaje na visini gdje se živa zatekla u kapilari. Na taj način termometar pokazuje maksimalnu temperaturu za proteklo vrijeme. Da bi živa u kapilari sigurnije ostala u odgovarajućem položaju, taj termometar drži se u meteorološkom zaklonu gotovo vodoravno, s donjim dijelom malo niže. Skala termometra podijeljena je na polovice ili cijele stupnjeve, a procjenjuju se deseti dijelovi stupnjeva.

Način otčitavanja i ostale upute za obični termometar vrijede i za taj termometar. Otčitava se u 21.00 sat po zonskom vremenu, a na sinoptičkim stanicama i u 19.00 sati. Poslije otčitavanja stresanjem termometra živa se vraća u posudu, i to najmanje na visinu žive suhog termometra.

Prekine li se stupac žive, kvar se redovno otklanja stresanjem termometra. Ako to ne uspije, treba nabaviti nov termometar.

**129. Minimalni termometar.** — Služi za mjerenje minimalne temperature za neko određeno vrijeme, najčešće za 24 sata. Obično je napunjen čistim etil-alkoholom. Njegova je posuda rašljasta oblika da bi imala veću površinu i da bi termometar bio osjetljiviji. U alkoholu kapilare nalazi se mali stakleni štapić, koji na svakoj strani završava glavicom. Kada pri padu temperature alkohol svojim meniskom dodirne gornji kraj štapića, on sa sobom vuče i sam štapić sve dok temperatura pada. Obratno, pri porastu temperature alkohol se vraća prema gore (desno), ali štapić ostaje u mjestu. Gornji (desni) kraj štapića označava na skali najnižu temperaturu u toku protekla vremena. Menisk alkohola pokazuje uvijek trenutnu temperaturu.

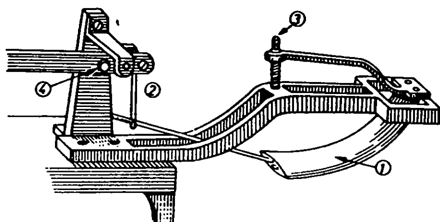
Termometar se otčitava i namješta u 21.00 sat zonskog vremena. Kod sinoptičkih stanica otčitava se i u 07.00 vremena, ali se ne namješta niti dira. Njegov položaj mora biti strogo horizontalan, s posudicom ulijevo. Način otčitanja isti je kao i kod maksimalnog termometra. Namještanje termometra se vrši podizanjem strane sa posudicom dok štapić ne siđe do ruba alkohola.

**130. Obrtni termometar.** — To je živin termometar malih dimenzija. Privezan je uz uzicu dugu 70 cm. Temperatura zraka mjeri se u hladu i na otvorenom prostoru i to tako da se termometar ispruženom rukom okreće iznad glave motrioca. Kruženje traje najmanje dvije minute. Otčitava se brzo i na način kao i kod običnog termometra. Mjerenje se ponavlja sve dok razlika između dva uzastopna otčitavanja ne bude 0,2° ili manja, a zatim se uzima srednja vrijednost mjerenja.

**131. Sixov [Siks] (maksimalno-minimalni) termometar.** — Taj termometar pokazuje maksimalnu, minimalnu i trenutnu temperaturu zraka. Smatra se nepouzdanim pa se ne upotrebljava u meteorološkim stanicama, ali služi za opće potrebe.

**132. Termograf.** — To je instrument koji na papirnoj vrpci neprekidno bilježi temperaturu zraka (sl. 44a). Uglavnom ima iste dijelove kao i svi instrumenti pisači (t. 123). Njegov termo-prijemnik obično je Bourdonova cijev ili bimetalni prsten. U posljednje vrijeme sve se više primjenjuju električni termografi.

Bourdonova cijev je metalna posuda oblika lopatice ili prstena, ispunjena alkoholom (sl. 46b). S porastom temperature alkohol povećava svoj volumen, pa se i ta cijev ispruža. Kad temperatura pada, alkohol se steže i cijevi se savijaju. Međutim, bimetalni prsten sastavljen je od dviju pločica metala s različitim koeficijentom rastezanja. Pri promjeni temperature te pločice ne mijenjaju podjednako svoje dimenzije i zato se nejednako ispružaju ili savijaju. Ti se pokreti preko sistema poluga prenose na pero koje piše na termografskoj vrpci i tako crta termogram (obično za sedam dana).




*Sl. 46. b Bourdonov prijemnik termografa*

1 — prijemnik, 2 — prijenosni sistem, 3 — vijak za podešavanje visine pera, 4 — vijak za podešavanje tlaka pera

Na meteorološkoj stanici termograf, kao i termometar, drži se u meteorološkom zaklonu. Ako se upotrebljava na brodu, vješa se u kardanu s elastičnom oprugom. Manje je osjetljiv na promjene temperature, pa se ne mora uvijek potpuno slagati sa živinim termometrom. Položaj pera termografa podešava se prema običnom živinom termometru pomoću posebnog vijka na prijenosnom sistemu. Podešava se tek kad razlika u pokazivanju termometra i termografa bude veća od 2°C. Obično se to izvodi u toku dana u vrijeme kad se temperatura najmanje mijenja.

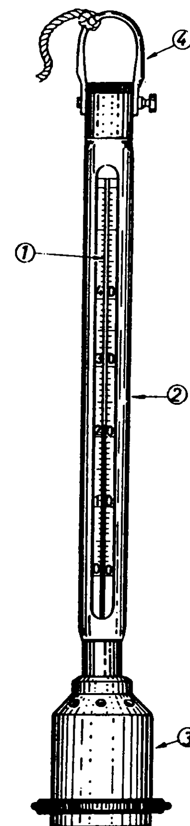
Za upotrebu na brodovima naročito je praktičan tzv. daljinski termograf. Njegov pokazivač, koji se nalazi na zapovjedničkom mostu, stalno registrira temperaturu suhog i mokrog termometra (psikrometra), što olakšava proračun relativne vlage i temperature rosišta u pojedinim skladišnim prostorima.

**133. Termometar za mjerenje površinske temperature mora.** — To je običan živin termometar s porculanskom skalom ili štap-termometar u posebnom gume-



*Sl. 47. Termometar za mjerenje temperature mora*

1 — štap termometra s porculanskom skalom, 2 — oklop termometra, 3 — dno termometra s oklopom, 4 — škopac za uzicu




nom ili kožnom oklopu (sl. 47). Oklop ga štiti od oštećenja. Na vrhu termometra nalazi se poseban škopac za uzicu, kojom se termometar spušta na željenu dubinu mora. Dno oklopa prošireno je poput čaše, a na gornjem dijelu ima otvore za ulazak vode. Kad se termometar diže, more ostaje u čaši i tako održava temperaturu koju je termometar imao u položajnoj dubini.

*Postupak pri mjerenju površinske temperature mora:*

*a) u obalnoj stanici i na brodu u vezu.* Na otvorenom dijelu obale, gdje je more dublje od 2 m, termometar se spusti tako da njegov oklop bude oko 30—50 cm ispod površine mora. Nakon 2—3 minute termometar se brzo izvadi, drži uspravan i otčita. Umjesto da se termometar spusti u more, može se more iz određene dubine zahvatiti drvenim kablićem. Postoje i kablići posebne konstrukcije koji ne dopuštaju da se temperatura zahvaćenog mora promijeni. Termometar uronimo uspravno u kablić s morem i nakon 3 minute otčitamo ga ne vadeći ga iz vode. Nakon mjerenja kablić isprazimo, a termometar isperemo slatkom vodom i spremimo na zaklonjeno mjesto. Preporučuje se da se morska voda zahvati nekoliko puta uzastopce ili da se kablić drži nešto duže u moru;

*b) na brodu u vožnji.* Temperatura mora mjeri se na isti način kao i u obalnoj stanici, ili otčitavanjem termometra na usisnoj cijevi kondenzatora u strojarnici. Ovakvo mjerenje nije najprikladnije, ali se ipak primjenjuje, naročito kod brzih brodova. Tako izmjerena temperatura odnosi se na dubinu veću od 0,5 m, ali se ipak smatra površinskom.

Kod novijih brodova mjeri se temperatura mora termometrom čiji je termoelement ugrađen u pramcu broda. Rad termoelementa se prenosi električnim putem na pokazivač temperature u navigacijskoj kabini.

Temperatura mora u meteorološkim izvještajima daje se u cijelim i u desetim dijelovima °C. Isto tako daje se i razlika između temperature zraka i temperature površinskog sloja mora.

**134. Termometar za mjerenje temperature mora na različitim dubinama.** Običnim termometrom ne može se mjeriti temperatura mora u dubinama jer se pri izvlačenju termometra promijenilo temperaturno stanje. Za tu svrhu upotrebljavaju se prekretni termometri sa živom ili električni termometri, a u posljednje vrijeme tzv. batitermografi, koji kontinuirano daju vrijednosti temperature mora na različitim dubinama.

## 3. MJERENJE VLAŽNOSTI ZRAKA

**135. Općenito.** — Vlažnost zraka izražava se kao apsolutna vlaga, napon ili tlak vodene pare, relativna vlaga, temperatura rosišta itd. Na meteorološkim stanicama na kopnu određuje se napon ili tlak vodene pare, relativna vlažnost zraka i temperatura rosišta, a na brodskim stanicama relativna vlažnost zraka i temperatura rosišta.

*Jedinice* kojima se izražava vlažnost zraka jesu: za napon — mb i mm Hg, za relativnu vlažnost — postoci zasićenosti zraka vlagom (0—100%), a za temperaturu rosišta — stupanj temperature.

Da bi se očuvao teret, treba osim vlažnosti slobodnog zraka znati temperaturu rosišta i relativnu vlagu u zraku brodskih skladišta.

U brodu koji iz tropa plovi prema hladnijim područjima vlažan zrak koji je ušao u skladište počinje se hladiti. Posljedica toga bit će povećana relativna vlažnost i eventualno zasićenje zraka, odnosno izlučivanje vodene pare i orošenje tereta. Isti slučaj može se javiti kad brod plovi iz područja toplije u područje hladnije oceanske struje. Da se to spriječi, treba dobro provjetravati skladišne prostore.

Kad brod putuje iz hladnog područja u toplije, a ne provjetrava se, manja je opasnost da će vlaga oštetiti teret. Međutim, i u tom slučaju mnogo ovisi o tome kakav je teret.

Općenito je pravilo da ne treba provjetravati ako je temperatura skladišnog prostora ispod tačke rosišta vanjskog zraka. U obratnom slučaju potrebno je dobro provjetravanje. Međutim, znamo li tačku rosišta skladišnog prostora, trebat će provjetravati ako je temperatura rosišta vanjskog zraka niža od rosišta u skladišnom prostoru.

Zrak kojim se provjetrava mora imati nižu temperaturu rosišta nego što je temperatura tereta odnosno prostora kojemu treba oduzeti vlagu. U protivnom će se brodska oplata ili teret orositi.

*Za mjerenje vlažnosti zraka upotrebljavaju se uglavnom ovi instrumenti:* Augustov psikrometar (u meteorološkom zaklonu), Assmannov psikrometar, obrtni psikrometar, higrometar, polimetar i higrograf.

Pomoću prva tri instrumenta vlažnost zraka određuje se na osnovi razlike temperature suhog ($t_s$) i mokrog termometra ($t_m$). Pri tom služe psikrometričke tablice*. Ostali instrumenti neposredno pokazuju relativnu vlažnost zraka (u %). Prijemnik tih instrumenata radi na principu mijenjanja duljine jedne vlasi ili snopa vlasi, koje imaju dobra higroskopična svojstva. Za mjerenje temperature i vlage zraka na brodu upotrebljavaju se obrtni (ručni) psikrometar, Assmannov aspiracijski psikrometar i Augustov psikrometar u zaklonu.

Za obična mjerenja, naročito za neiskusne motrioce, povoljniji su tipovi psikrometara u zaklonima. *Na odabranim brodovima preporučuje se umjetna ventilacija psikrometra, a posebno Assmannov aspiracijski psikrometar.* Vještiji motrilac rado upotrebljava obrtni psikrometar.

Na sličan način, kao što je objašnjeno pri mjerenju temperature zraka (t. 132), može se električnim prijenosom na daljinu mjeriti i vlažnost zraka. Takav jedan instrument poznat je pod nazivom bitijev kloridni pokazivač vlage. Princip mjerenja sličan je uređaju »cargo-caire«, koji ima nekoliko naših trgovačkih brodova. Pokazivač vlage smješten je u tzv. labirint-zaklon, jer ne smije biti izložen strujanju zraka (vjetru) jačem od 0,5 m/s.

* Nautičke tablice, izd. HJ-RM (tabl. 60. i 61).



**136. Augustov psikrometar.** — Sastoji se od dva jednaka termometra sa živom, s tom razlikom što je živina posuda jednog termometra obložena krpicom od muselina ili tkaninom slična tkanja. Krpica se održava u mokrom stanju posebnim usisačem ili pamučnim stijenjem koji je jednim krajem uronjen u posudu s vodom. Taj se termometar zove mokri, a onaj drugi suhi. Oba su smještena vertikalno u posebnom nosaču (sl. 48). Augustov psikrometar (higrometar) u malom drvenom meteorološkom zaklonu često se upotrebljava na brodovima.

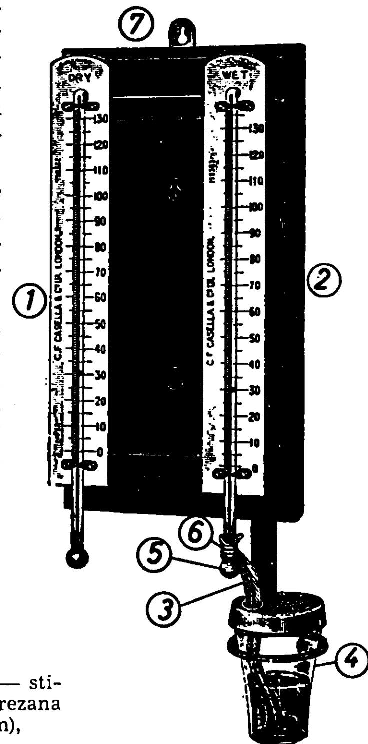
Sve što je rečeno za obični termometar (opis, otčitavanje greške i dr.) vrijedi i za ovaj psikrometar. Najprije se otčita suhi termometar, zatim mokri.

S ovlažene krpice voda isparava, pa posuda ovog termometra gubi toplinu. Posljedica je toga da će mokri termometar pokazati nižu temperaturu nego suhi. Isparavanje vode s krpicom kojom je omotana posuda mokrog termometra bit će veće što je zrak suši, pa će i razlika temperature između suhog i mokrog termometra biti veća, i obratno. Kad je zrak zasićen vodenom parom (relativna vlaga 100%), oba termometra pokazuju istu temperaturu, odnosno s minimalnom razlikom (mokri do 0,2° veću), jer s mokrog termometra voda više ne isparava. *Isparena količina vode s krpice u izvjesnom je odnosu s razlikom temperature između suhog i mokrog termometra, i taj se odnos iskoristi za proračunavanje vlažnosti zraka i tačke rosišta.*

*U radu psikrometra najvažniju ulogu imaju krpica* kojom je omotana posuda mokrog termometra i stijenj na mokrom termometru, pa se o njima mora voditi posebna briga (sl. 48). Krpicu treba namještati čistim rukama. Mora biti dobro nategnuta oko posude i iznad nje zavezana koncem.

Posuda je zatvorena čepom, a u njemu se nalazi cjevčica za stijenj. Temperatura vode u posudi treba da je izjednačena s temperaturom zraka. Smještaj posude psikrometra prikazuje sl. 48.

Pokazivanje mokrog termometra zavisi od mjesta provjetravanja, tj. od jačine strujanja zraka oko posude termometra. Prije i za vrijeme otčitavanja psikrometar se postavlja na privjetrenu stranu broda (zapovjedničkog mosta) da bi bio izložen direktnom strujanju morskog zraka (sl. 45).




*Sl. 48. Augustov psikrometar*

1 — suhi termometar, 2 — mokri termometar, 3 — stijenj, 4 — posuda za vodu, 5 — namještena i podrezana krpica, 6 — spoj stijenja s krpicom (posudom), 7 — podloga-nosač psikrometra

*Greške* koje mogu doći u obzir pri upotrebi psikrometra jesu: nedovoljno vlažna krpica (stijenj pretanak, nepravilno vezan, krpica i stijenj prljavi, prevelika udaljenost posude ili malo vode i sl.), naslaga kamenca na posudi mokrog termometra, labav spoj krpice i posude, oštećenje krpice, suviše debeo sloj leda, prerano otčitavanje poslije močenja, netačno otčitavanje, blizina motrioca i sl. Sve te greške treba imati na umu jer one mogu znatno utjecati na tačnost dobivenih podataka koje daje psikrometar.

Za proračun relativne vlage (u %) i napona vodene pare (u mm Hg) upotrebljavaju se Nautičke tablice (tabl. 60), izd. HI-JRM, ili slične priručne tablice. U tablicu se ulazi s temperaturom mokrog termometra ($t_m$) i s razlikom temperature između suhog i mokrog termometra ($\Delta t$). Upute za rad date su u samim tablicama.

P r i m j e r. Na Augustovu psikrometru suhi termometar pokazuje temperaturu $t_s = +22,4°C$, a mokri termometar $t_m = +18,0°C$.

*Traži se:* a) relativna vlaga i
b) napon vodene pare.

*Rješenje*

| | | | |
|---|---|---|---|
| | $\Delta t = +4°$ | $\Delta t = +5°$ | $\Delta t = +4,4°C$ |
| a) relativna vlaga | 66% | 59% | $66\% + (-7\% \cdot \frac{4}{10}) \approx 63\%$ |
| | $\Delta = -7\%$ | | |
| b) napon | 12,91 mmHg | 12,30 mmHg | $12,91 + (-0,61 \cdot \frac{4}{10}) \approx 12,67$ mmHg |
| | $\Delta = -0,61$ | | |

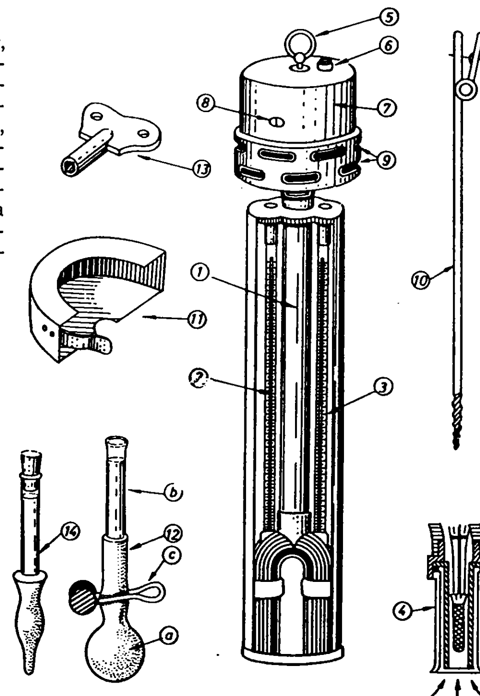
Traži li se i tačka rosišta, proračun se vrši na isti način kao i s Assmannovim psikrometrom (t. 137).

**137. Assmannov aspiracijski psikrometar.** — Slika 49. prikazuje sastav i glavne dijelove Assmannova psikrometra. Glavna je njegova osobina što je snabdjeven usisačem koji mu omogućava ravnomjerno provjetravanje obaju termometara. Njegova je prednost nad ostalim psikrometrima i ta što za njega nije potreban meteorološki zaklon, jer su oba termometra smještena u poniklovanom metalnom oklopu. Prikladan je za mjerenje temperature i vlažnosti zraka na različitim mjestima i različitim visinama, a osobito je praktičan za upotrebu na brodu. Zbog tih osobina, mjerenja temperature i vlažnosti zraka tim psikrometrom tačnija su nego ostalim psikrometrima.

Mokri termometar moči se pomoću gumene kugle sa staklenom cijevi (sl. 49). Kugla se napuni destiliranom vodom (izuzetno čistom kišnicom) i malo pritisne rukom da voda stigne do oznake na staklenoj cjevčici. Prazan prostor u cjevčici treba da je tolik da se pri uvlačenju posude mokrog termometra voda ne izlije iz cjevčice. Zabranjeno je močiti krpicu mokrog termometra štrcanjem.

Kad se psikrometar ne upotrebljava, čuva se u svojoj kutiji. Prije nego se spremi, treba zaustaviti rad usisača, obrisati ga jelenjskom kožom, ili flanelastom krpom, da bi se očuvao sjaj vanjskih površina. Koža ili krpa stalno se nalazi u kutiji psikrometra i njom se hvata psikrometar pri rukovanju i navijanju. Kad je instrument izvađen iz kutije, ključ treba da je uvijek u otvoru za navijanje. Stručno čišćenje usisača i podmazivanje dijelova koji se taru treba vršiti dvaput godišnje.





*Sl. 49. Assmannov psikrometar*
1 — kućište, 2 — suhi termometar, 3 — mokri termometar, 4 — presjek usisne cijevi mokrog termometra, 5 — prsten za vješanje psikrometra, 6 — otvor ključa za navijanje, 7 — usisač, 8 — otvor za provjeravanje, 9 — otvori za zrak, 10 — nosač psikrometra ili uzica, 11 — vjetrobran, 12 — pipeta, 13 — ključ za navijanje, 14 — obična pipeta s čepom, a — gumena kugla, b — staklena cijev, c — štipaljka

*Pri mjerenju tim psikrometrom treba postupati ovako:* Psikrometar se izvadi iz kutije (ključ se stavi u otvor za navijanje) i objesi na određeno mjesto. Pet minuta prije mjerenja namoči se mokri termometar tako da se čitava posudica s krpicom potopi u vodu. Navije se mehanizam usisača i čeka dok se pokazivanje mokrog termometra se ustali (približno 2 do 4 minute). Nakon toga brzo se otčita suhi termometar, a zatim mokri, i stanje zapiše u dnevnik.

Ljeti je preporučljivo mjeriti tri puta u razmacima od 20 sekundi, i s tako dobivenim srednjim vrijednostima otčitanja proračunati vlažnost zraka.

Greške i kvarovi kod ovog psikrometra slični su kao i kod ostalih psikrometara.

Za proračun relativne vlage, napona vodene pare i temperature rosišta upotrebljavaju se Nautičke tablice (tabl. 61) ili slične priručne tablice.

P r i m j e r. Otčita se Assmannov psikrometar sa stanjem suhog termometra $t_s = +28,0°C$ i sa stanjem mokrog termometra $t_m = +23,0°C$.

*Traži se:* a) relativna vlaga (r), b) napon vodene pare (e) i c) temperatura rosišta ($t_r$).

*Rješenje.* Iz Nautičkih tablica (tabl. 61) s vrijednostima $t_m$ i $t_s$, dobiva se:

a) *relativna vlaga* $r = 65\%$

b) *napon vodene pare* $e = 18,6$ mm Hg.

Iz tablica temperature rosišta*, koja se obično nalazi uz Ključ za šifriranje meteoroloških izvještaja ($T_d T_d$), dobiva se:

c) *rosište:*

$$\begin{array}{r} t_s = +28,0°C \\ -t_m = \pm 23,0°C \\ \hline \Delta t = +5,0°C \end{array} \qquad \left. \begin{array}{l} \Delta t = +5,0°C \\ t_m = +23,0°C \end{array} \right\} t_r = +20,0°C$$

* Tablica se nalazi na str. 122 i 123.

# TEMPERATURA ROSIŠTA U ⁰C ($T_dT_d$)

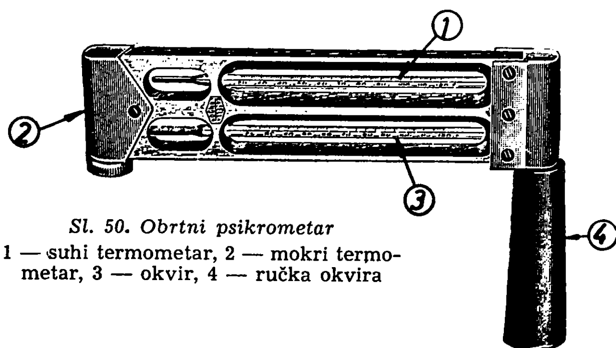
RAZLIKA TEMPERATURE: TEMPERATURA SUHOG TERMOMETRA MINUS MOKROG

| Temper. mokrog termom. | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | **4,0** | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 | | | | | | |
| 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 14 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | **21** | 21 | | | | |
| 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | **20** | 20 | 20 | 21 | | |
| 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | **19** | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 18 | 18 | **18** | 19 | 19 | 19 | 19 | 20 |
| 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | **17** | 18 | 18 | 18 | 18 | 19 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 14 | 15 | **16** | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 |
| 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | **14** | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | **12** | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | **10** | 11 | 11 | 12 | 14 | 15 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | **10** | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | **8** | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | **6** | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | **4** | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | **3** | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | **1** | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | **0** | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | **1** | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | **3** | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | **4** | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | **5** | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | **7** | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | **8** | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 |
| 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | **9** | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 |
| 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | **10** | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | **12** | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 16 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 | **13** | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 17 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | **14** | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 |
| 18 | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 15 | **15** | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 |
| 19 | 19 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 | **16** | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | **17** | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 21 | 21 | 21 | 21 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | **19** | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | **20** | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 23 | 23 | 23 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | **21** | 21 | 21 | 20 | 20 | 20 |
| 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | **22** | 22 | 22 | 22 | 21 | 21 |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | **23** | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24 | **24** | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 25 | 25 | 25 | **25** | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 26 | 26 | **26** | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 27 | **27** | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | **28** | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | **31** | 31 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | **33** | 33 | 33 | 33 | 32 | 32 |

RAZLIKA TEMPERATURE: TEMPERATURA SUHOG TERMOMETRA MINUS MOKROG

**NAPOMENA!** Iz tehničkih razloga ispušten je u ovoj tablici predznak minus (—) svim vrijednostima iznad izlomljenih vodoravnih crta. Pri šifriranju, tim vrijednostima pribrojte »50« (npr. vrijednost iz tablice u iznosu 16⁰ iznad izlomljene crte šifrira se kao »66«.)

| 5,2 | 5,4 | 5,6 | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 6,4 | 6,6 | 6,8 | 7,0 | 7,2 | 7,4 | 7,6 | 7,8 | 8,0 | 8,2 | 8,4 | 8,6 | 8,8 | **9,0** | 9,2 | 9,4 | 9,6 | 9,8 | | Temper. mokrog termom. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 20 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 19 | 19 | 20 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 18 | 18 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 20 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 16 | 16 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 20 | 20 | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | 19 | | | | | | | | | | | | 1 |
| 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 18 | | | | | | | | | | | | 0 |
| 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | | | | | | | | | | 1 |
| 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | | | | | | | 2 |
| 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 16 | 17 | **17** | 18 | 19 | | | | 3 |
| 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 15 | **16** | 16 | 17 | 18 | 19 | | 4 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | **14** | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 5 |
| 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | **12** | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 6 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | **10** | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 7 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | **8** | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 8 |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | **5** | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | **3** | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 10 |
| 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | **1** | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 11 |
| 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | **1** | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 12 |
| 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | **3** | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 13 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | **5** | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 14 |
| 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | **6** | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 15 |
| 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | **8** | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 16 |
| 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | **10** | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 17 |
| 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | **11** | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 18 |
| 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | **12** | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 19 |
| 17 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | **14** | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 20 |
| 18 | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 15 | **15** | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 21 |
| 19 | 19 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | **16** | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 22 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | **18** | 18 | 18 | 17 | 17 | 17 | 23 |
| 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 | **19** | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 24 |
| 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | **20** | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 |
| 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | **22** | 22 | 21 | 21 | 21 | 21 | 26 |
| 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | **23** | 23 | 23 | 23 | 22 | 22 | 27 |
| 26 | 26 | 26 | 26 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24 | **24** | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 28 |
| 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 25 | 25 | **25** | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 29 |
| 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | **27** | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 | 30 |
| 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | **29** | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 32 |
| 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 | **31** | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 34 |



*Sl. 50. Obrtni psikrometar*
1 — suhi termometar, 2 — mokri termometar, 3 — okvir, 4 — ručka okvira

**138. Obrtni psikrometar.** — Takvom tipu psikrometra živini termometri redovno su ugrađeni u gumenim oblogama metalna okvira koji dopušta kruženje psikrometra kroz zrak (sl. 50) slično obrtnom termometru. Težina okvira s termometrima ne smije biti veća od 35 dkg. Kruženje osigurava provjetravanje. Podjela skale je svaka 0,2°C, a njen raspon obuhvaća od —30° do +50°C. Mjerenja se vrše u hladu i na otvorenom prostoru iznad mora, na privjetrenoj strani broda, licem prema vjetru. Psikrometrom se kruži iznad glave. Brzina kruženja treba da odgovara psikrometrijskim tablicama, koje će se upotrijebiti, a ne smije biti manja od 2,5 m/s, niti veća od 10 m/s. Kruženje traje 2—4 min. Pri jačini vjetra 3—4 Bf, i više, dovoljno je samo držati okvir s rezervoarima okrenutim u vjetar. Za brzinu strujanja od 4 m/s, pri radijusu kruženja 30 cm, brzina okretanja treba da je oko 4 okretaja u sekundi.

Svaki obrtni psikrometar ima dva rezervna termometra, dvije staklene epruvete (ili limene posudice za kvašenje mokrog termometra), jednu bočicu oko 3 dcl za destiliranu vodu, muselin krpice ili vrećice.

U pogledu postupaka pri mjerenju, rukovanju i čuvanju ovog psikrometra vrijedi sve ono što je rečeno za obični psikrometar. Relativna vlaga i temperatura rosišta proračunavaju se na sličan način kao i s ostalim psikrometrima, ali upotrebom posebnih tablica koje daju podatke za razne brzine kruženja (provjetravanja) psikrometra.

**139. Higrometar.** — Taj instrument neposredno pokazuje postotak zasićenosti zraka, tj. relativnu vlažnost. Princip njegova rada zasniva se na promjeni duljine higroskopične vlasi pri promjeni vlažnosti zraka. Pri povećanju vlažnosti zraka ta se vlas izdužuje, pri smanjenju skraćuje, a pri promjeni stanja ostalih meteoroloških elemenata ona ne mijenja svoju duljinu. Ta promjena duljine vlasi prenosi se na kazaljku, koja pokazuje relativnu vlagu u zraku izraženu u postocima maksimalne vlage. Nula (0) označava suh zrak, a 100 zrak zasićen vodenom parom (sl. 51).

*Higrometar se ne smatra potpuno tačnim instrumentom.* Međutim, njegovi podaci su ipak korisni, naročito pri niskim temperaturama. Tačnija pokazivanja higrometar daje između 40 i 60% relativne vlage u zraku. Na brodovima se kao meteorološki instrument ne upotrebljava jer je osjetljiv. Može poslužiti za kontrolu vlažnosti skladišnih prostorija.

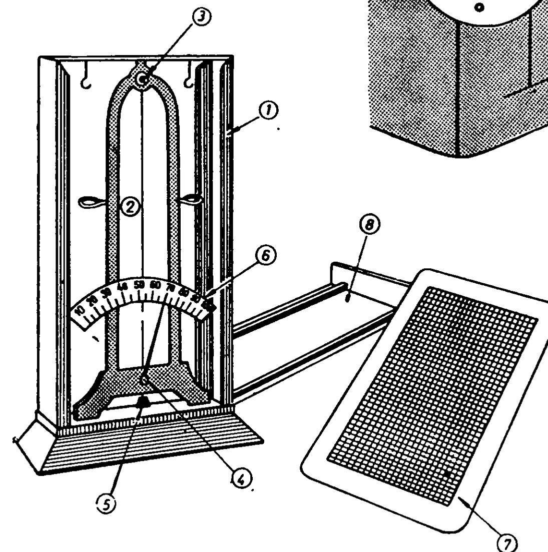
Ako se želi dobiti vrijednost relativne vlage slobodne atmosfere, higrometar se postavlja u meteorološki zaklon.

*Na sličnom principu izrađen je i tzv. ubodni i kontrolni higrometar.* Vlažnost mjeri se ubadanjem higrometarske cijevi u materijal (duhan, tekstil, žita i sl.). Kod kontrolnog higrometra, donja je strana poklopca šuplja i sadrži higrometarske vlasi.



*Sl. 51. Kopeov higrometar*
1 — okvir, 2 — vlas, 3 — gornji spoj vlasi, 4 — osovina s kotačićem i kazaljkom, 5 — protuuteg, 6 — skala (0—100%), 7 — mreža koja se moči kada se kontrolira instrument, 8 — staklena pločica i limeni poklopac

▼



▲

*Sl. 52. Prijemnik higrografa*
1 — snopić vlasi, 2 — protuuteg za pritezanje vlasi

Materijal se postavi u kutiju i nad njom poklopac s higrometrom. Za ravan i krut materijal, poklopac s higrometrom postavi se na samom materijalu i tako mjeri količina vlage.

**140. Polimetar.** — To je zapravo higrometar sa snopom vlasi, a osim toga dodan mu je još jedan termometar. Na lijevoj strani skale termometra otčita se temperatura, a s desne maksimalni napon vodene pare. Neposredno daje relativnu vlažnost i temperaturu zraka, a omogućava određivanje napona vodene pare i tačke rosišta.

Obično se upotrebljava za opće potrebe, a ne kao meteorološki instrument na brodu. Tačnost pokazivanja polimetra provjerava se kao i kod higrometra.

**141. Higrograf.** — Taj instrument (sl. 52) neposreno bilježi stanje relativne vlažnosti zraka za protekli period, dan ili tjedan. Glavni je dio njegova prijemnika snopić vlasi, kao i na higrometru. Snopić je razapet između dva držača koji su izvan kutije hirografa. Sredina snopića prihvaćena je kukicom koja je spojena s prijenosnim sistemom. Promjene duljine sistema izazivaju i odgovarajuće (uvećane) pokrete pera po dijagramskoj vrpci.

Higrograf na kopnenoj stanici stoji u meteorološkom zaklonu, pa ga treba često kontrolirati i čistiti, naročito njegov prijemnik, na način kao i kod higrometra. Na brodu se postavlja u određenim prostorima (skladištima) i vješa kao barograf (t. 158). Higrograf se otčitava na tačnost 1%. Tačnost njegova pokazivanja kontrolira se tako da se usporedi s relativnom vlagom zraka izračunatom pomoću psikrometra koji je smješten u istom zaklonu.

Higrografi daju najbolje rezultate pri temperaturama između +15°C i + 25°C.

## 4. MJERENJE ISPARAVANJA

**142. Općenito.** — Za mjerenje isparavanja (evaporacije) služe instrumenti nazvani evaporimetri, odnosno evaporigrafi. Ti se instrumenti ne primjenjuju na brodovima, zato ćemo se samo općenito osvrnuti na njihovu funkciju i namjenu.

**143. Wildov evaporimetar.** — Radi na principu vage. Na jednoj strani je posuda s vodom, a na drugoj teška kazaljka koja održava ravnotežu posude. Posuda je od mjedi, a površina njene osnovke iznosi 250 cm². Vrh kazaljke kreće se duž lučne skale s podjelom koja pokazuje mm odnosno desete dijelove mm isparene vode.

Posuda se nadolijeva čistom kišnicom (procijeđenom kroz vatu), a izuzetno prokuhanom vodom. Nadolijeva se sve dok kazaljka ne dođe na rub skale. Otčita se u 07.00 i 21.00 sati po zonskom vremenu. Otčitana vrijednost sa skale evaporimetra upisuje se u određenu rubriku dnevnika. Kao dnevna količina ispravanja računa se ona količina vode koja je isparila od 07.00 do 07.00 sati idućeg dana.

**144. Evaporigraf.** — Kao i svaki pisač, taj instrument neprekidno bilježi tok isparavanja. Njegov prijemnik je vaga Wildova isparitelja. Dijelovi za bilježenje smješteni su u metalnu kutiju, a posuda s vodom iznad kutije. Voda se dolijeva samo prilikom mijenjanja vrpce. Vrpca se mijenja tek onda kad se pero uzdigne iznad njene polovine (15 mm).

Princip rada i glavni dijelovi slični su kao i kod ostalih pisača (t. 123).

## 5. MOTRENJE OBLAKA

**145. Općenito.** — Pri motrenju oblaka potrebno je odrediti rod, vrstu i podvrstu, količinu, visinu i smjer kretanja oblaka.

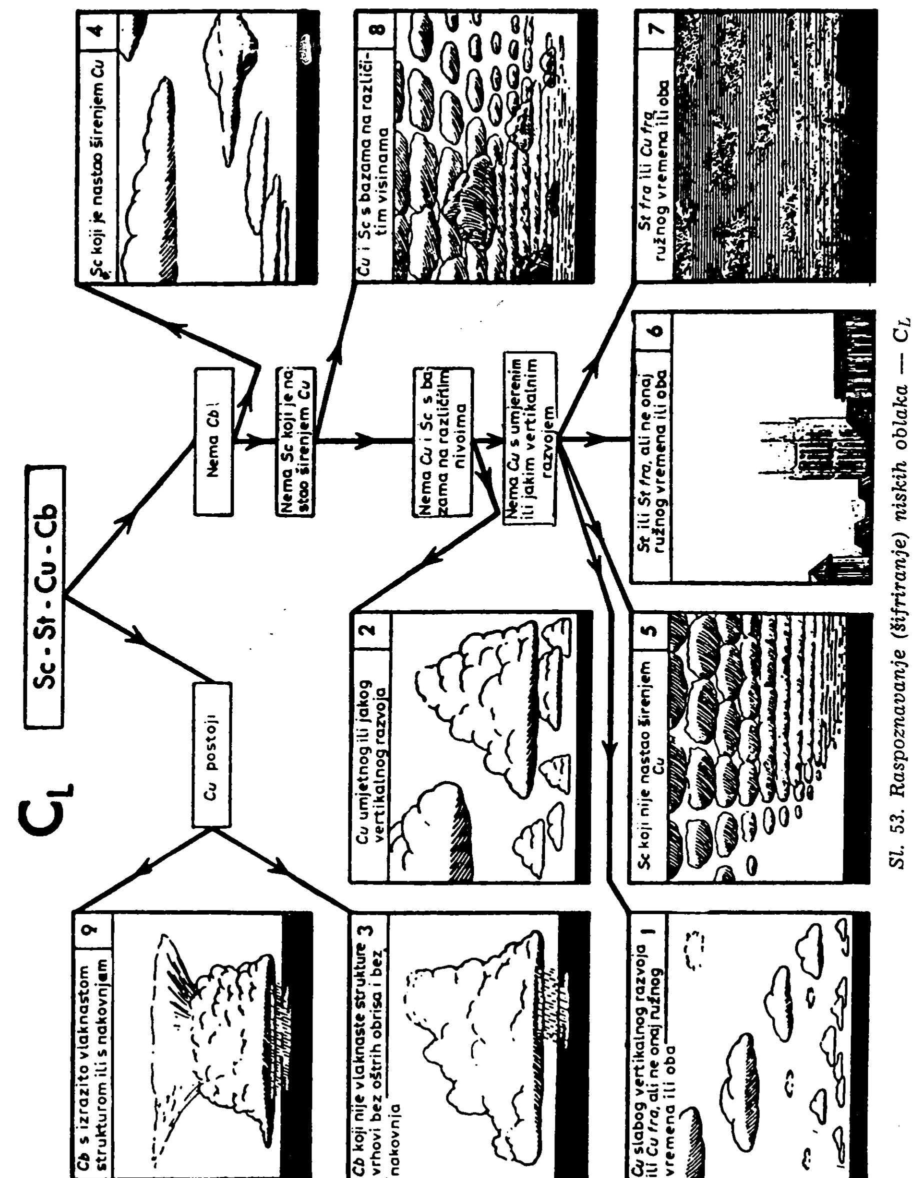
Za brodska izvještavanja određuju se rod i vrsta oblaka, količina i visina baze niskih oblaka.

Oblaci se motre s otvorena mjesta odakle se po mogućnosti vidi čitav nebeski svod nad vidljivim horizontom. Za orijentaciju, na kopnenoj stanici strane svijeta moraju biti obilježene, a na brodu se za tu svrhu iskoristi kompasna ruža.

**146. Naoblaka — raspoznavanje oblaka.** — Pod pojmom *naoblake* razumijevamo veličinu (količinu) sveukupnog oblačnog pokrivača na nebu bez obzira na rodove i vrste oblaka. Od ukupne naoblake određuje se rod i količina pojedinih oblaka, ako ih ima. Količina naoblake određuje se u osminama (0 — 8), a za potrebe klimatologije u desetinama (0 — 10). Na primjer 2 znači da je pokriveno 2/8, odnosno 2/10 neba; 6 znači 6/8, odnosno 6/10 pokrivena neba itd.

Naoblaku treba ocijeniti zamišljajući da su svi oblaci skupljeni u jedan neprekidni zastor. Procjena se lakše vrši ako se nebo podijeli na kvadrante, a zatim u svakom kvadrantu procjenjuje naoblaka. Pri većoj naoblaci lakše je ocijeniti veličinu slobodnog neba nego zastrtog, pa na osnovi takve






*Sl. 53. Raspoznavanje (šifriranje) niskih oblaka — $C_L$*

## $C_M$

Ac - As - Ns

Nema *Ac*

Ac postoji

Nebo nema kaotičan izgled

Nema *Ac cas* i nema *Ac flo*

Nema *As* i nema *Ns*

Nema *Ac* koji je nastao širenjem *Cu* ili *Cb*

*Ac* koji se ne širi po nebu

*Ac* koji se ne mijenja mnogo

*Ac* u samo jednom nivou

Poluprozirni *As* 1

Neprozirni *As* ili *Ns* 2

*Ac* koji je nastao širenjem *Cu* ili *Cb* 6

*Ac* koji stalno mijenja svoj izgled 4

Poluprozirni *Ac* koji prevladava 3

*Ac* koji se širi po nebu 5

*Ac* u dva ili više nivoa 7

Nebo ima kaotičan izgled 9

*Ac cas* ili *Ac flo* 8

Osim *Ac* postoji i *As* ili *Ns* 7

Neprozirni *Ac* koji prevladava 7

*Sl. 54. Raspoznavanje (šifriranje) srednjih oblaka — $C_M$*

## $C_H$

Ci - Cc - Cs

Nema *Cc* ili *Cc* ima manje nego *(Ci+Cs)*

Nema *Cs*

*Cs* postoji

*Ci* koji se ne širi po nebu

Nema *Ci spi* koji potječe od *Cb*

*Cs* koji ne pokriva čitavo nebo

*Cs* koji se širi po nebu

*Cs spi* koji potječe od *Cb* 3

*(Ci spi · Ci cas · Ci flo)* ima više nego ostalih *Ci* 2

*Ci fib* ili *Ci unc* ima više nego ostalih *Ci* 1

*Ci* koji se širi po nebu 4

*Cs* koji ne prelazi visinu od 45° 5

45°

*Cs* koji prelazi visinu od 45° 6

45°

*Cs* koji se ne širi po nebu 8

*Cc* sam ili *Cc* ima više nego *(Ci+Cs)* 9

*Cs* koji pokriva čitavo nebo 7

*Sl. 55. Raspoznavanje (šifriranje) visokih oblaka — $C_H$*

procjene zaključiti stupanj naoblake. Provjerava li se ocjena stupnja naoblake, tada se posebno procjenjuje veličina zastrtog a posebno veličina vedrog dijela neba i njihovim uspoređenjem određuje tačniji stupanj naoblake.

Noću se naoblaka procjenjuje prema zastrtim dijelovima neba na kojima se ne vide zvijezde. Pri mjesečini naoblaka se procjenjuje kao i po danu. U gustoj magli, kada se nebo ne vidi, smatra se da je ono potpuno pokriveno. Ako se kroz maglu vidi nebo, stupanj naoblake treba ocijeniti prema mogućnosti. Međutim, vide li se kroz maglu Sunce ili zvijezde, a ne zapažaju nikakvi oblaci, smatra se da je nebo vedro (naoblaka 0).

Podjela i kratak opis oblaka sa slikama iznijeti su u t. 32 — 38. Za lakše *raspoznavanje* oblaka upotrebljava se i Međunarodni atlas oblaka, koji sadrži album slika oblaka s tekstom. U albumu su najkarakterističnije slike vrsta oblaka. Uz svaku sliku nalaze se njen opis, skraćenica i simboli Ključa za svaki oblak. Tekst sadrži podjelu oblaka, njihov tačan opis, uputstvo za motrenje i šifriranje oblaka.

Slike 53—55. prikazuju skice triju katova oblaka, uzete iz International cloud atlas (Vol. I). Te skice, uz slike oblaka, olakšavaju raspoznavanje i *šifriranje* oblaka. Ucrtani pravokutnici i sličice sadrže kratke kriterije koje treba postupno uzimati u obzir i tim putem doći do šifre ključa za odnosni izgled neba. Svaka sličica prikazuje shematski nebo koje odgovara broju ključa naznačenom u njenom desnom gornjem uglu (1—9).

Oblaci se označuju međunarodnim skraćenicama. Rodovi se označuju s dva početna slova, kako je to naznačeno u t. 32. Oznake vrsta, podvrsta i dopunskih odlika bilježe se skraćenicama koje se sastoje od malih početnih slova dotičnog imena. Rod se uvijek mora bilježiti, a ostalo prema potrebi.

**147. Određivanje visine oblaka.** — Pod visinom oblaka razumijevamo udaljenost u metrima od Zemljine površine odnosno od razine mora pa do osnovice oblaka. Na brodu se visina oblaka procjenjuje odoka. Na kopnenim stanicama i meteorološkim brodovima primjenjuju se ove metode: puštanje pilot-balona, osvjetljavanje oblaka reflektorom i procjena odoka.

*Određivanje visine oblaka pilot-balonom* temelji se na principu mjerenja vremena (t) potrebnog da balon napunjen vodikom prijeđe visinu (h) od Zemljine površine odnosno razine mora do ulaska u bazu oblaka. Pri tom treba znati brzinu penjanja balona (v), koja se dobiva iz posebnih tablica. Visina se računa formulom: $h = v \cdot t$.

*Određivanje visine oblaka reflektorom* primjenjuje se uglavnom noću. Reflektor mora bacati uzak i jak svjetlosni snop. Postavlja se 300 m od mjesta motrenja. Mjerenje visine (h) sastoji se u određivanju kuta ($\alpha$) pod kojim se vidi osvijetljena tačka na oblaku: $h = 300 \operatorname{tg} \alpha$. Da bi se izbjegli računi, posebne tablice rješavaju tu formulu.

*Određivanje visine oblaka odoka* najviše se primjenjuje na brodu. Iskoriste se poznate visine okolnih brda ili istaknute tačke na brdu, ako brod plovi uz obalu. Na otvorenom moru visina se procjenjuje vizuelno. Pri tom se moraju imati na umu izgled i stratifikacija oblaka po visini. Oblak St obično je niži od 1 000 m; osnovice Cu i Cb su između 1 000 i 1 500 m; visina Ns obično je između 600 i 2 000 m; oblak Sc je na visini 1 500 — 2 000 m; oblak As obično je na visini većoj od 2 000 m, a ostali oblaci imaju veću visinu od 2 500 m.



Što su oblaci niži, to su i deblji, a viši su tanji. Tako npr. oblaci Cu i St deblji su od Ac i As, a ovi su opet deblji od visokih oblaka*.

**148. Određivanje smjera i brzine kretanja oblaka.** — Poznavanje tih podataka veoma je važno jer se time dobivaju podaci o smjeru i brzini vjetra, ali isključivo u slojevima atmosfere gdje se oblaci nalaze. Ta mjerenja vrše samo one kopnene stanice koje su opremljene posebnim instrumentima (nefometar ili nefoskop). Kod nas se na stanicama koristi nefoskop Besonove grablje i ogledalo za oblake.

*Smjer kretanja oblaka* određuje se prema ruži vjetrova, i to prema strani horizonta odakle dolaze (kao i vjetar) na tačnost od punih $10^{\circ}$ ili jednu zraku ($11{,}25^{\circ}$).

*Brzina oblaka* izražava se kao stvarna, relativna i kutna brzina. Stvarna brzina je put u metrima koji oblak prevali u jednoj sekundi. Za dobivanje te brzine potrebno je poznavati tačnu visinu oblaka. Relativna brzina oblaka dobiva se sličnim postupkom kao i prethodna, ali tako da smatramo da je oblak na visini od 1 000 m. Pomoću posebne tablice može se relativna brzina pretvoriti u stvarnu, prema postupku koji je objašnjen u samim tablicama. Kutna brzina, izražena u radijanima na sat, dobiva se kad se relativna brzina (m/s) pomnoži sa 3,6. Odgovara kutu pod kojim vidimo put oblaka iznad glave pređen u jedinici vremena.

## 6. MJERENJE OBORINA

**149. Općenito.** — Pod oborinama razumijemo proizvode vodene pare koji u tekućem ili čvrstom stanju padaju iz oblaka na tlo ili se stvaraju pri tlu zemlje. Naziv oborina zamjenjuje razne druge nazive, npr. padavinu, vodeni talog, atmosferski talog i slično.

Pri motrenju oborina treba odrediti njenu vrstu, jačinu, trajanje i količinu.

Mjera za količinu oborina je visina sloja vode u mm na vodoravnom tlu kada od oborina ne bi ništa isteklo, upilo se u zemlju ili isparilo. Visina sloja od 1 mm na površini od 1 $m^2$ odgovara 1 l vode.

Visina snježnog pokrivača mjeri se visinom njegova sloja u cm na ravnoj površini. Grubo uzeto, visina snježnog pokrivača od 1 cm odgovara visini vode od 1 mm.

Za mjerenje količine oborina služe kišomjer i ombrograf, a za mjerenje visine snijega služi snjegomjerna daščica i stalni snjegomjer.

Vrsta oborina određuje se na osnovi opisa pojedinih oborina (t. 41—54).

**150. Kišomjer.** — Kod nas na kopnenoj stanici obično se upotrebljava Helmanov kišomjer (sl. 56a). Izrađen je od cinkova lima i ima valjkast oblik. Visina mu je oko pola metra, a obojen je bijelom bojom.

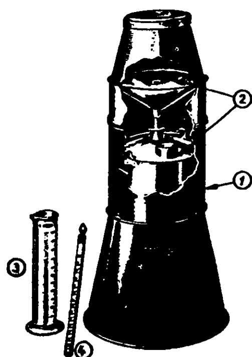
Pri mjerenju količine oborina (u tekućem stanju) treba podići gornji dio, izvaditi kanticu s vodom iz donjeg dijela kišomjera i pažljivo je iskapiti u posebnu staklenu menzuru. Menzura se postavi na posve vodoravnu površinu i očita visina središnjeg dijela površine vode, a ne ivičnog ruba. Ako količina vode prijeđe 10 mm, mjeri se tako da se voda prelijeva u menzuru nekoliko puta.

---

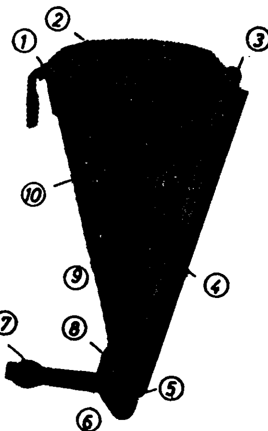
* Visina osnovice Cu-oblaka (h) može se približno izračunati na osnovi ovih dviju formula:

$$h = \frac{t - tr}{4{,}5} \cdot 1\,000 \quad \text{ili} \quad h = 222\,(t - tr)$$

Ako je temperatura data u $^{\circ}$F, visina se dobiva u stopama. U prethodnoj formuli je t prizemna temperatura a tr prizemna temperatura tačke rosišta.




*Sl. 56. a Kišomjer (ombrometar) za kopnenu stanicu*
1 — kućište, 2 — posuda s lijevkom, 3 — menzure, 4 — sonda s podjelom




*Sl. 56. b Kišomjer (ombrometar) za brodsku stanicu*
1 — kuka za uzicu, 2 — otvor lijevka, 3 — držač poklopca otvora, 4 — sonda, 5 — vijak otvora za čišćenje, 6 — očnjak pritezne uzice, 7 — vodilica uzice za vješanje, 8 — dno kišomjera, 9 — crta položaja kišomjera, 10 — sabirna posuda

***Mali broj brodova koristi se kišomjerom.*** **To su uglavnom istraživački brodovi. Glavni je razlog tome što se izmjerena količina oborina ne odnosi samo na jedno mjesto već na cijelu rutu ili dio rute. Različiti su oblici i veličina brodskih kišomjera. Podesan je jarbolski kišomjer oblika lijevka koji prikazuje sl. 56b. Diže se pomoću konopa na nekoliko metara iznad trupa broda. Količina vode mjeri se pošto se kišomjer spusti na palubu.**

**151. Ombrograf. — Služi za registriranje vremena početka i svršetka padanja, kao i količine i intenziteta oborina. Njegov rad je zasnovan na principu plovka. Oborine ulaze u ombrograf kroz otvor na vrhu, a zatim se slijevaju u valjkastu posudu i na taj način uzdižu plovak. Na plovku uspravno pričvršćena šipka prenosi pokrete plovka na pero, koje na dijagramskoj vrpci bilježi krivulju oborina (ombrogram). Valjak, pomoću satnog mehanizma, učini puni okret za 24 sata.**

**Sve što je rečeno o instrumentima pisačima (t. 123) odnosi se i na ombrograf.**

**152. Snjegomjer. — Snijeg se može mjeriti direktnim mjerenjem snježnog sloja ili na osnovi količine vode dobivene topljenjem snijega. Mjerenje snijega ne dolazi u obzir pri brodskim motrenjima.**

**Snjegomjerna daščica je štap ili letva s centimetarskom podjelom. Ta se letva zabode uspravno u snijeg do čvrstog tla. Visina snijega otčita se na pune centimetre. Mjerenja se vrše na više mjesta i uzima se srednja vrijednost.**

***Stalni snjegomjer*** **je daščica dužine 1—2 m, širine 6 cm, a debljine 2,5 cm, s centimetarskom podjelom. Na skali su napisane samo desetice cm. Daščica se postavlja na ukopani četverokutni stup. Ti snjegomjeri postavljaju se u jesen, prije nego počne padati snijeg. Lice daščice treba da bude okrenuto prema sjeveru.**

## 7. ODREĐIVANJE VIDLJIVOSTI

**153. Procjena stupnja vidljivosti.** — Pri ocjeni vidljivosti treba imati na umu slijedeće. Ne smije se upotrijebiti dalekozor. Predmet je vidljiv kad se može golim okom jasno raspoznati. S meteorološke stanice vidljivost se procjenjuje na osnovi karakterističnih okolnih predmeta s tačno poznatom udaljenosti. Kad je brod usidren ili privezan, postupak je isti kao i na meteorološkoj stanici. Kad je brod u vožnji, daljina vidljivosti određuje se na osnovi pojave objekata poznate udaljenosti pored kojih brod prolazi. Pri tom se može korisno upotrijebiti i radar.



Procjena vidljivosti od nekog broda može se temeljiti na njegovoj prividnoj veličini ili po vidljivom dijelu broda. Noću se vidljivost određuje na osnovi poznavanja jačine svjetlosnih izvora i njihove daljine. Kad je vidljivost različita u raznim smjerovima, treba zabilježiti najmanju i prevladavajuću vidljivost. Na obalskim stanicama, kada je vidljivost različita, bilježi se u smjeru kopna, a u primjedbi i vidljivost u smjeru mora.

U posljednje vrijeme upotrebljavaju se specijalne naprave za mjerenje vidljivosti, koje rade na principu fotoćelije. Inače postoje i obične optičke naprave, kao Wigandova sprava.

*Radar je za navigaciju, svakako, smanjio važnost pojma slaba ili ograničena vidljivost, ali bez obzira na to važno je neprekidno vježbati ocjenjivanje vidljivosti odoka.*

Daljina* vidljivosti procjenjuje se golim okom prema najudaljenijem i jasno određenu objektu po ovoj skali:

SKALA ZA OCJENU VIDLJIVOSTI PRI ODNOSNOM STANJU VREMENA

| Stupanj vidljivosti | Horizontalna vidljivost | Stanje vremena | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Magla, vijavica ili suha mutnoća | Snijeg | Sumaglica ili sipeća oborina | Kiša |
| 0 | do 50 m | vrlo gusta | — | — | — |
| 1 | 50 — 200 m | gusta | vrlo jak | — | — |
| 2 | 200 — 500 m | umjerena | jak | — | — |
| 3 | 500 — 1 000 m | slaba | umjeren | — | — |
| 4 | 1 — 2 km | — | umjeren | jaka | — |
| 5 | 2 — 4 km | — | slab | umjerena | jaka |
| 6 | 4 — 10 km | — | vrlo slab | slaba | umjerena |
| 7 | 10 — 20 km | jaka suha mutnoća | — | — | slaba |
| 8 | 20 — 50 km | umjerena suha mutnoća | — | — | — |
| 9 | iznad 50 km | slaba suha mutnoća ili bistar zrak | — | — | — |

## 8. MJERENJE ATMOSFERSKOG TLAKA

**154. Općenito.** — Instrumenti za mjerenje atmosferskog tlaka zovu se barometri. Temelje se na ovim principima:

— barometri sa živom — uravnoteženje tlaka zračnog stupca s težinom stupca žive u barometru;
— metalni barometri (aneroid i barograf) — deformacija tvrdog i elastičnog tijela tlakom zračnog stupca.

* Nautičke tablice, izdanje HI-JRM (tabl. 77—85, 98) služe za pretvaranje jednih jedinica ove mjere u druge.

Atmosferski (barometarski) tlak na kopnenim meteorološkim stanicama mjeri se živinim barometrom, a samo izuzetno aneroidom (kad se ne zahtijeva naročita tačnost). Na brodu se više upotrebljava aneroidni barometar ili barograf posebne konstrukcije.

Tlak se izražava u milimetrima živina stupca (mm Hg), ili u milibarima (mb) kao jedinici za silu. Pretvaranjem mm u mb vrši se Nautičkim tablicama (tabl. 62—65) ili drugim posebnim tablicama. Između milimetara (mm Hg) i milibara (mb) postoji ovaj odnos:

0,001 din = 1 bar ili 0,001 bar = 1 mb,
1 mm Hg = 1,333 2 mb ili 1 mb = 0,750 1 mm Hg.

Atmosferski tlak mjeri se na tačnost od 0,1 mm Hg ili mb.

Tendencija barometarskog tlaka (ključ FM 21. D, simbol a) pokazuje hod atmosferskog tlaka za tri sata koja prethode vremenu promatranja, a dobiva se barografom. U nedostatku barografa treba svakih pola sata otčitavati stanje barometra i zapisati vrijednosti ili konstruirati dijagram tlaka. U taj simbol uvijek se dodaje i vrijednost barometarske tendencije u desetinama mb. Ona je dana razlikom stanja barometra sadašnjeg termina i onog prije tri sata. Brodovi koji šalju izvještaje svakih šest sati moraju ipak otčitati stanje barometra svaka tri sata.

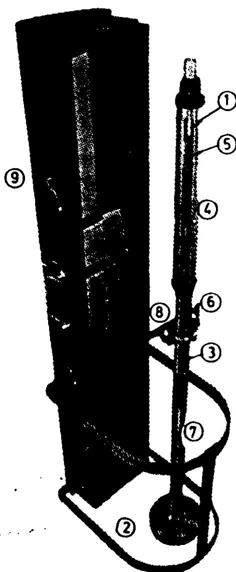
**155. Živin barometar.** — Živinih barometara ima više vrsta. Kod nas se najviše upotrebljavaju barometri s nepomičnom posudom i reduciranom skalom i barometri s pomičnom posudom i normalnom skalom (u mm Hg ili mb).

*Barometar s nepomičnom posudom i reduciranom skalom* neposredno pokazuje visinu živina stupca na posebnoj reduciranoj skali (mm ili mb), kod koje su uzete u obzir različite visine žive u posudi za razna stanja zračnog tlaka. Ti barometri imaju strogo određenu količinu žive. U tu vrstu spadaju Fuessov [Fus], Kewov [Kju] i Lambrechtov [Lambreht] barometar.

*Barometar s pomičnom posudom i normalnom skalom* ima normalnu skalu s podjelom na mm ili mb. Pri svakom otčitanju treba živu u posudi dovoditi na određenu početnu visinu. Količina žive nije strogo određena. Takvi su barometri tipa Fortin [Forten] i Wild-Fuess [Vild-Fus].

Živin barometar usvojen za upotrebu na meteorološkoj stanici na kopnu zove se stanični barometar. Njega mogu imati jedino veći brodovi. Glavne dijelove i pribor takva barometra pokazuje sl. 57.

Barometar treba držati u prostoriji s malim promjenama temperature, zaštićen od direktna utjecaja Sunčevih zraka, bez potresa i drugih vanjskih utjecaja. To se najbolje postizava ako se postavi što bliže težištu broda.




*Sl. 57. Brodski barometar s nepomičnom posudom*
1 — staklena cijev, 2 — posuda sa živom, 3 — mjedena zaštitna cijev, 4 — barometarska skala, 5 — nonij, 6 — kotačić nonija, 7 — termometar, 8 kardan, 9 — kutija barometra, 10 — tablice i svjedodžba instrumenta



Na primjer, Kewov i Fuessov barometar otčita se ovako: Najprije se otčita termometar na tačnost od 0,1°. Nekoliko puta lagano se udari prstom ispod dijela zaštitne staklene cijevi barometra da bi se površina žive u cijevi ustalila. Gornji rub nonija dovodi se na menisk žive, da izgleda kao da ga dodiruje,* i zatim otčita stanje barometra.

**156. Popravci i svođenje izmjerenog atmosferskog tlaka.** — Stanje barometra treba ispraviti za grešku instrumenta i grešku zbog Zemljine teže, a tako dobivenu vrijednost svesti na 0°C i morsku razinu (t. 88).

Popravak instrumenta dan je u svjedodžbi barometra.

Utjecaj Zemljine teže na visinu živina stupca zavisi od geografske širine i nadmorske visine dotičnog mjesta. Obje te vrijednosti zbrajaju se u jednu i čine popravak zbog Zemljine teže. Njenu vrijednost daje centralna meteorološka služba.

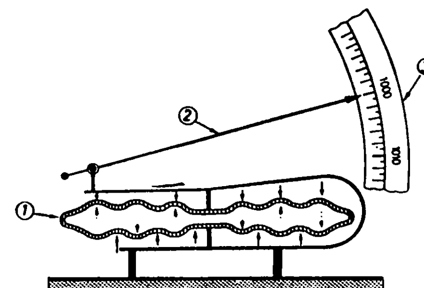
Budući da visina živina stupca zavisi i od temperature same žive, to otčitanu visinu živina stupca treba ispraviti kako bi odgovarala temperaturi od 0°C. Za tu svrhu postoje posebne tablice.

*Atmosferski tlak svodi se na razinu mora zato što zračni tlak opada s visinom.* Vrijednost popravka nalazi se u posebnim tablicama.

**157. Aneroidni barometar.** — Glavni dio aneroida je skup (najmanje šest) zatvorenih pljosnatih zrakopraznih kutijica od valovita lima (Vidijeve kutije), sa snažnim sistemom opruga, koji se odupire sili zračnog tlaka i tako sprečava da se kutijice spljošte (sl. 58a). U posljednje vrijeme te se kutijice izrađuju od vrlo čvrstih legura, pa sistem opruga nije potreban. Podjela skale je u mb, s opsegom od 900 do 1 000 mb. Pogreška razdiobe ne smije biti veća od 0,5 mb. Svaki aneroid kompenziran je protiv utjecaja temperature.

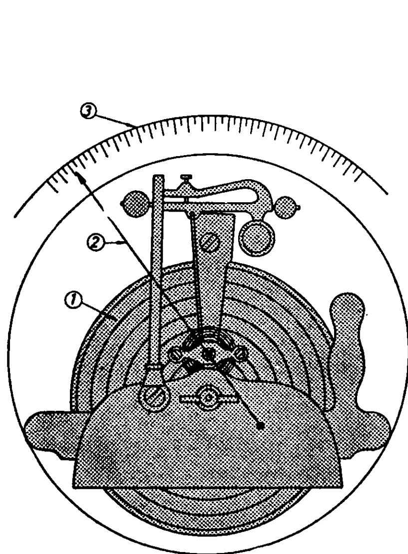
*Princip rada.* Promjena zračnog tlaka izaziva vibracije valovitih površina kutijice. Preko prijenosnog sistema te se vibracije prenose na kazaljku koja na skali aneroida pokazuje vrijednost atmosferskog tlaka (sl. 58. a, b). Upotrebljava se i kao visinomjer. Čitav aneroid smješten je u cilindričnu mjedenu kutiju sa staklenim poklopcem, ispod kojega se nalazi skala u mm ili mb**. Aneroidi, iako nisu precizni, dobro pokazuju promjene atmosferskog tlaka. Zbog lakog rukovanja i nošenja, kao i jednostavnijeg smještaja, naročito se primjenjuju na brodovima.

*Sl. 58. a Princip aneroida*
1 — Vidijeva kutija, 2 — kazaljka, 3 — skala

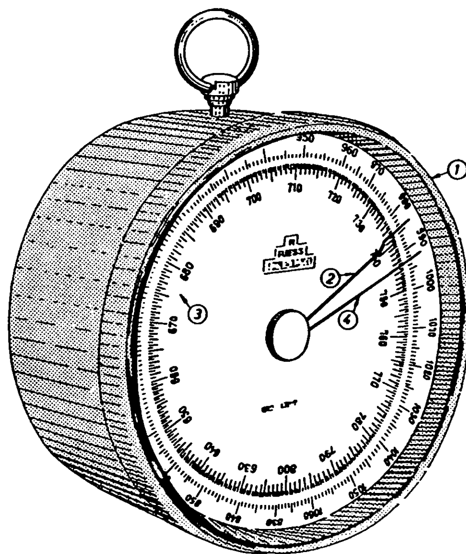



* Ako barometar sa živom nije s fiksnim već pokretnim dnom posude, treba prethodno nivelirati živu do određene tačke, tj. do vidljivog šiljka. To se vrši pomoću vijka na dnu posude.

** Skala s natpisima »lijepo«, »promjenljivo«, »kiša« ili sl. nema nikakva značenja, jer vrijeme ne zavisi samo od zračnog tlaka.




*Sl. 58. b Unutrašnji izgled aneroida*
1 — Vidijeva kutija, 2 — kazaljka, 3 — skala




*Sl. 58. c Vanjski izgled aneroida*
1 — kućište, 2 — kazaljka, 3 — skala, 4 — prateća kazaljka

U pogledu *smještaja* aneroida vrijede isti uvjeti kao za barometar sa živom. Aneroidni barometar na stanici čuva se u drvenoj kutiji obloženoj tkaninom. Kutija se otvara samo pri motrenju. On se drži uvijek na istom mjestu — na polici ili stolu. Aneroid na brodu obješen je tako da brojčanik ima uspravan položaj. Vješa se o protuvibracionim i protuudarnim elementima koji eliminiraju utjecaj vibracija broda na pokazivanje aneroida. Obično se nalazi u navigacijskoj kabini ili u zapovjedničkom mostu.

Aneroid se *otčitava* u onom položaju u kojemu se nalazio za vrijeme tvorničkog ispitivanja, što mora biti naglašeno u ispravi instrumenta. *Za brodski aneroid to je normalno uspravni položaj.* Prije svakog otčitanja treba lagano dva do tri puta kucnuti prstom po staklenom poklopcu da bi kazaljka svladala trenje (tromost mehanizma) i došla na pravo mjesto. Otčitava se na tačnost 0,1 mb, odnosno mm. Da bi se paralaktična greška izbjegla, i da bi se moglo uporediti novo stanje aneroida s prethodnim, na staklenom poklopcu aneroida nalazi se prateća kazaljka. Prije svakog otčitanja prateća kazaljka postavlja se u pokriće s glavnom kazaljkom.

Aneroidni barometar za brodove podešen je tako da direktno pokazuje atmosferski tlak na morskoj razini. Na pokazivanje aneroida ne utječe Zemljina teža, pa na brodu dolazi u obzir samo popravak instrumenta. Ako aneroid nije podešen za brod, tada svako otčitanje treba još svesti i na razinu mora.

Pokazivanje aneroida treba povremeno uspoređivati sa kontrolnim (normalnim) živinim barometrom, a najmanje jedanput u tri mjeseca. Temeljiti pregled i kontrola aneroida vrši se jednom godišnje, a uvijek kada razlika otčitanja između kontrolnog i aneroidnog barometra prelazi 1 mb. Podaci o tome unose se redovito u poseban karton priložen aneroidu.

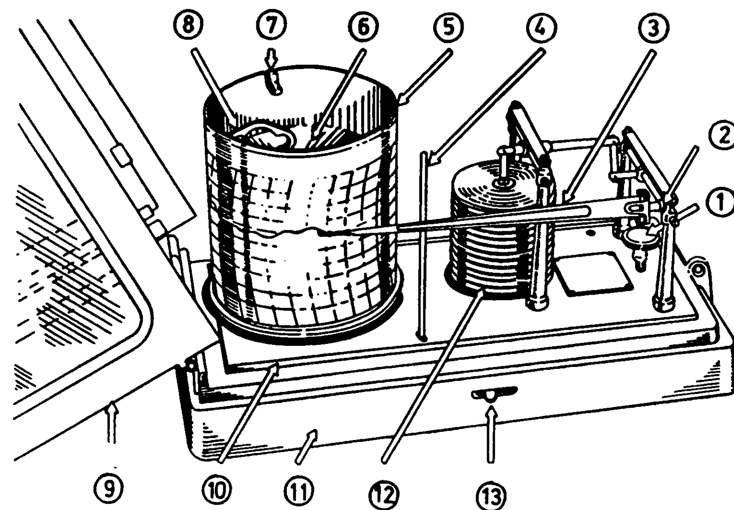


Britanska meteorološka služba izradila je novi tip preciznog brodskog aneroidnog barometra. Po radu sliči Kewovom barometru. Opremljen je valjkom, s kojega se otčitava stanje barometra, kao i uređajem za prigušivanje oscilacija, što je posebno važno za brodske uvjete.

**158. Barograf.** — Barograf radi na istom principu kao i aneroid, s tom razlikom što neprekidno bilježi stanje i promjene atmosferskog tlaka (sl. 59). Podjela skale obično je u mb, i to u opsegu od 925 do 1 050 mb. Ako je barograf dobro kompenziran na promjenu temperature i nema mehaničkih nedostataka, njegovo registriranje tlaka je dovoljno tačno (za promjenu temperature za 20$^0$C greška do 1 mb). Prijemnik barografa sastoji se od najmanje šest Vidijevih aneroidnih kutijica, koje su naslagane jedna na drugu i međusobno vezane u stup (sl. 58). Od broja kutijica zavisi i tačnost barografa. Najniža kutijica učvršćena je preko elastične dvometalne trake za postolje barografa. Ta traka služi za kompenzaciju temperature i podešavanje pera. Njen gornji kraj vezan je za sistem prijenosnih poluga koje su u vezi s perom. Promjena zračnog tlaka izaziva dizanje odnosno spuštanje kutijice. Ti pokreti prenose se na pero koje bilježi vrijednost atmosferskog tlaka na vrpci postavljenoj oko valjka satnog mehanizma.

Mnogi barografi za temperaturnu kompenzaciju, pored elastične bimetalne vrpce, imaju još i jednu malu bimetalnu vrpcu ugrađenu u prijenosni mehanizam, a u Vidijevim kutijicama ostavljena je izvjesna količina zraka.

Sve što je rečeno o pisačima uopće i o aneroidu vrijedi i za aneroidni barograf.




*Sl. 59. Barograf*

1 — kotačić za podešavanje, 2 — stalni vodilni ležaj, 3 — poluga pera, 4 — šipka za odmicanje pera, 5 — valjak s vrpcom, 6 — satni mehanizam, 7 — učvršćivač vrpce, 8 — ključ za navijanje, 9 — poklopac kutije, 10 — postolje, 11 — okvir postolja, 12 — aneroidne kutijice, 13 — polužica šipke za odmicanje pera

Barograf se drži pod istim smještajnim uvjetima kao i živin barometar. Naročito ga treba zaštititi od Sunčeva zračenja. Radi sprečavanja potresa barograf se na kopnenoj stanici drži na zidnoj polici, a nikako na stolu. Ispod barografa treba postaviti podlogu od spužvaste gume ili nekog plastičnog materijala. *Na brodu barograf se vješa o poseban elastični uređaj,* što bliže središtu (metacentru) broda kako bi što bolje bio zaštićen od raznih smetnji, a osobito od vibracija i udara. Položaj obješenog barografa je poprijeko u odnosu prema uzdužnici broda, kako se pri valjanju broda pero za pisanje ne bi udaljilo od papira.

*Između običnog živinog barometra i prvoklasnog aneroidnog barometra (barografa), za brod treba izabrati aneroidni barometar ili barograf, i to specijalno konstruiran za upotrebu na brodu.* U posljednje vrijeme to su barografi s dodatnim uređajem za smanjenje vibracija Vidijevih kutijica odnosno pera, koje nastaju zbog raznih vanjskih utjecaja, kao što su npr. brze promjene atmosferskog tlaka pod utjecajem jakih udara vjetra, nenormalno valjanje i posrtanje broda i sl. To se postiže uronjavanjem aneroidnih kutijica ili štapa koji visi o poluzi pera, u posudicu s uljem.

Osjetljiviji tip barografa, koji dopušta mjerenje i registriranje promjene atmosferskog tlaka do 1/10 mb, zove se *mikrobarograf.* On danas sve više zamjenjuje obični barograf.

*Mikrobarovariograf* je veoma osjetljiv instrument za registriranje promjena atmosferskog tlaka od 1/100 do 1/1 000 mb. Omogućuje praćenje promjena tlaka svake minute.

## 9. MOTRENJE VJETRA

**159. Općenito.** — Vjetar je određen kad su mu određeni njegov smjer i brzina (jačina). *Smjer vjetra* računa se prema ruži vjetrova, i to odakle puše. Pod *brzinom vjetra* razumijeva se prijeđeni put čestica zraka u jedinici vremena, pa se brzina vjetra računa u m/s, km/h i M/h (čvorovima)*. Pod *jačinom (snagom) vjetra* razumijevamo silu vjetra kojom on djeluje na pojedine predmete na zemlji. Pored tih podataka motrilac treba da ustanovi i *odliku vjetra,* tj. je li vjetar ujednačen ili rafalan.

Vjetar se motri na ravnom i otvorenom prostoru. Međunarodnim sporazumom usvojeno je da ta visina za stanice na kopnu bude 10 m.

S m j e r v j e t r a određuje se obično pomoću vjetrokaza (sl. 61). U nedostatku toga, što je normalan slučaj na brodu, kao i za vrlo slaba vjetra, može se promatrati položaj dima, zastave (plamenca), rukavca, valova živog mora, i sl. Položaj zastave treba motriti barem dvije minute i za to vrijeme uzima se srednji (prevladavajući) smjer. Način motrenja valova živoga mora objašnjen je u t. 164—170.

Na otvorenom prostoru smjer vjetra može se odrediti pomoću ručnog kompasa (busole) ako se motrilac okrene licem u vjetar. *Ni u kojem slučaju motrilac ne smije suditi smjer vjetra prema kretanju oblaka.*

Pojedini smjerovi vjetra označavaju se međunarodnim oznakama koje odgovaraju podjeli ruže vjetrova na šesnaest dijelova (osam glavnih vjetrova: N, NE,

* Nautičke tablice, izdanje HI - JRM, sadrže tablice odnosa vremena, brzine i prevaljenog puta (tabl. 15.) i tablice uspoređivanja brzina (tabl. 21.).



E, SE, S, SW, W i NW i osam sporednih vjetrova: NNE, ENE, ESE, SSE, SSW, WSW, WNW i NNW.

Na našoj obali udomaćili su se još i ovi nazivi (talijanskog porijekla) za vjetrove iz pojedinih smjerova horizonta: tramontana (N), bura (NE), levant (E), jugo (SE), široko (S), lebić (SW), ponente (W) i maestral (NW).

B r z i n a v j e t r a procjenjuje se vizuelno ili mjeri instrumentima: *anemometrom* odnosno *anemografom.* Obično se izražava u čv ili m/s. Prema međunarodnom sporazumu prihvaćeno je da se brzina vjetra u meteorološkom ključu pokazuje u čvorovima.

Brzina od 0,5 m/s odgovara brzini 1 čv, i obratno. Postoje posebne tablice (Nautičke tablice HI-JRM, tab. 21) za pretvaranje jednih jedinica u druge.

J a č i n a v j e t r a mjeri se prema položaju ploče na zupčastoj skali Wildonova vjetrokaza (isključivo na kopnenoj stanici) ili procjenom na bazi Beaufortove skale (Bf).

Prema stručnom pravilniku Svjetske meteorološke organizacije, *na brodovima* koji u većini slučajeva nemaju posebne instrumente za mjerenje elemenata vjetra, ili su tako dobiveni elementi problematični, *brzinu vjetra i njegovu jačinu treba procjenjivati na osnovi Beaufortove skale**, a pravi smjer vjetra motrenjem kretanja valova, s tačnošću od $10^0$ ($\pm 5^0$).

*Vjetar koji mjerimo na brodu u vožnji je prividni vjetar* (Wp) kao rezultanta pravog vjetra (W) i kursnog vjetra (Wk) uzrokovanog kretanjem broda (kurs i brzina broda). Elemente prividnog vjetra dobivamo mjerenjem. Smjer kursnog vjetra (Wk) suprotan je od kursa broda (Wk = Kp $\pm 180^0$), a njegova brzina odgovara brzini broda u čv ili m/s. U tom slučaju račun elemenata pravog vjetra najjednostavnije se rješava grafičkim postupkom: konstrukcijom paralelograma (trokuta) sila kojemu je zadana dijagonala (rezultanta) i jedna stranica (komponenta), a traži se druga stranica (komponenta). Ta se metoda primjenjuje kada je vizuelno ocjenjivanje vjetra otežano ili nemoguće.

*Grafičko rješenje* najlakše je izvesti na manevarskom ili radarskom dijagramu, a može se i na običnom milimetarskom papiru**. Postupak objašnjavaju primjer i sl. 60.

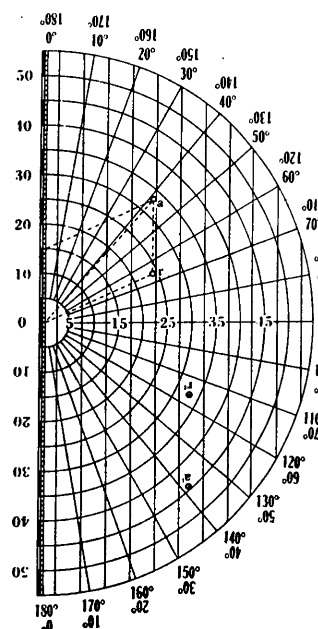
P r i m j e r. Plovi se sa Kp = $342^0$ i brzinom 15 čv. Smjer prividnog vjetra u odnosu prema uzdužnici broda (pramčani kut) iznosi $42^0$ desno, a njegova brzina 33 čv.

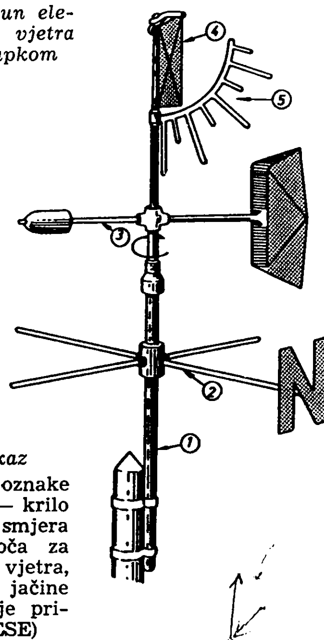
*Traže se* elementi pravog vjetra.

*Rješenje* (sl. 60). Iz središta dijagrama (O), na osnovi pramčanog kuta $42^0$ i brzine vjetra 33 čv, ucrta se kao rezultanta Wp. Iz tako dobivene tačke *a* spusti se vertikala koja po dužini odgovara kursnom vjetru Wk = 15 čv. Tako dobivena tačka r spoji se s tačkom O. Dužina $\overline{ro}$ daje brzinu pravog vjetra — W = 24 čv, a kut koji ona zatvara s osi dijagrama daje pramčani kut pravog vjetra — $L_W = 66^0$ desno. Želimo li poznavati smjer (azimut) pravog vjetra, on se dobiva po poznatom odnosu: $W = K_p + (\pm L_W) = 342^0 + 66^0 = 48^0$. U slučaju istih elemenata, ali s tim da prividni vjetar dobivamo s lijeve strane, na dijagramu imamo rješenje označeno tačkama a' i r'.

* Nautičke tablice, izd. HI - JRM (tabl. 52.).

** Postoje i posebne naprave kao pomagala za rješavanje ovog zadatka. Takva je npr. američka ploča Weather Bureau Shipboard Wind Plother.





◀ *Sl. 60. Proračun elemenata pravog vjetra grafičkim postupkom*

*Sl. 61. Vjetrokaz*

1 — nosač, 2 — oznake strane svijeta, 3 — krilo za pokazivanje smjera vjetra, 4 — ploča za procjenu jačine vjetra, 5 — stupnjevi jačine vjetra (na slici je prikazan vjetar ESE)

Rješenje se može izvesti i na osnovi jedinice m/s. U tom slučaju čv se pretvara u m/s pomoću nautičkih tablica ili po poznatom odnosu da 1 čv odgovara brzini 0,5 m/s.

*Nautičke tablice*, izd. HI-JRM (tabl. 53), omogućavaju određivanje pravog pramčanog kuta (L) odnosno pravog smjera vjetra (W) i prave jačine vjetra (J) pri vožnji brodom s brzinom od 10 čv do 35 čv. U tablicu se ulazi s prividnim pramčanim kutom vjetra (LP) i s prividnom jačinom vjetra (JP) prema Beaufortovoj skali ili s prividnom brzinom izmjerenom anemometrom (m/s). Pravi smjer vjetra dobiva se pomoću formule W = Kp + (± L)*.

P r i m j e r. Brod plovi u pravom kursu Kp = 47° s brzinom b = 15 čv. Pramčani kut prividnog vjetra je LP = 60° (lijevo), a prividna jačina vjetra JP = 6 Bf.

*Traži se:* a) pravi pramčani kut (L) i pravi smjer vjetra (W) i
b) prava jačina vjetra (J).

*Rješenje*

LP = —60°
JP = 6 Bf   L = —97° i J = 5 Bf

a) pravi smjer vjetra:

W = Kp — L = (360° + 37°) — 60° = 337° ili NNW

b) prava jačina vjetra:

J = 5Bf ili 8 do 10,7 m/s.

---

* Vidi navigacija I, izdanje 1967. g.



# B E A U F O R T O V A S K A L A
## za jačinu vjetra

| Broj po Beaufortu (Bf) | Opis vjetra | Srednja brzina (čv) | Srednja brzina (m/s) | OPIS POJAVA U PRIRODI: Na kopnu | OPIS POJAVA U PRIRODI: Na morskoj pučini | OPIS POJAVA U PRIRODI: Na moru pored obale | Vjerojatna visina valova u metrima | Vjerojatna visina valova u stopama |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Tišina (Calm) | 1 | 0—0,2 | Tiho; dim se diže vertikalno. | More je mirno i glatko kao zrcalo. | Tiho. | — | — |
| 1 | Lak povjetarac (Light air) | 1—3 | 0,3—1,5 | Vjetar se zapaža po kretanju dima, a ne po vjetrokazu. | Stvaraju se nabori koji su nalik na krljušti ribe, ali bez ikakve pjene. | Jedra na čamcima nose toliko da čamci drže kurs. | 0,1 (0,1) | 1/4 (1/4) |
| 2 | Povjetarac (Slight breeze) | 4—6 | 1,6—3,3 | Vjetar se osjeća na licu, lišće treperi, vjetrokaz se okreće. | Sitni valovi, kratki ali izraziti. Njihove kreste imaju staklenasti izgled, ali se ne lome. | Vjetar nadima jedra čamaca koji se kreću brzinom 1—2 čv. | 0,2 (0,3) | 1/2 (1) |
| 3 | Slab vjetar (Gentel breeze) | 7—10 | 3,4—5,4 | Lišće i grančice stabala stalno se njišu i razvijaju se zastave. | Vrlo mali valovi: kreste se počinju lomiti, pjena je staklenasta izgleda; ponekad su razbacani bijeli »mačići«. | Čamci na jedra naginju se i kreću brzinom 3—4 čv. | 0,6 (1) | 2 (3) |
| 4 | Umjereni vjetar (Moderate wind) | 11—16 | 5,5—7,9 | Vjetar uzdiže prašinu i listove papira, pokreće male grane. | Mali valovi koji postaju sve duži; bijeli »mačići« prilično su česti. | Vjetar osjetnog djelovanja; čamci jedre s većim nagibom. | 1 (1,5) | 3 1/2 (5) |
| 5 | Umjereno jak vjetar (Fresh wind) | 17—21 | 8,0—10,7 | Tanja lisnata stabla počinju se ljuljati; javljaju se mali valovi s krestama na kopnenim vodama. | Umjereni valovi koji dobivaju jasnije izdužen oblik; stvara se mnogo bijelih »mačića«. Može biti i nešto morskog dima. | Čamci skraćuju jedra. | 2 (2,5) | 6 (8 1/2) |
| 6 | Jak vjetar (Strong wind) | 22—27 | 10,8—13,8 | Pokreću se velike grane; čuje se zujanje telegrafskih žica; otežana je upotreba kišobrana. | Počinju se stvarati veliki valovi, a kreste bijele pjene svuda su rasprostranjenije. Obično se javlja morski dim. | Čamci uzimaju dva krata na glavnom jedru. Treba oprezno ribariti. | 3 (4) | 9 1/2 (13) |
| 7 | Vrlo jak vjetar (High wind) | 28—33 | 13,9—17,1 | Čitava stabla se ljuljaju; hodanje uz vjetar je otežano. | More raste; bijela pjena koja nastaje rušenjem valova počinje se javljati u dugim prugama niz vjetar. | Čamci ostaju u luci, a oni koji su na moru traže mjesto za siguran vez. | 4 (5,5) | 13 1/2 (19) |
| 8 | Olujni vjetar (Gale) | 34—40 | 17,2—20,7 | Vjetar lomi grane stabala; hodanje protiv vjetra je nemoguće. | Umjereno visoki valovi velike dužine; od vrhova kresta počinju se otkidati vrtlozi morskih kapljica; pjena se izdužava u jasno ocrtane pruge niz vjetar. | Svi se čamci vraćaju u luku ako je ova blizu. | 5,5 (7,5) | 18 (25) |

| Broj po Beaufortu (Bf) | Opis vjetra | Srednja brzina (čv) | Srednja brzina (m/s) | OPIS POJAVA U PRIRODI | | | Vjerojatna visina valova u metrima | Vjerojatna visina valova u stopama |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Na kopnu | Na morskoj pučini | Na moru pored obale | | |
| 9 | Oluja (Strong gale) | 41—47 | 20,8—24,4 | Nastaju laka oštećenja na zgradama (otkidanje oluka, rušenje dimnjaka i skidanje crijepa). | Visoki valovi; debele pruge pjene niz vjetar; kreste valova počinju se ljuljati, rušiti i razbijati u obliku valjaka. Magla od morskih kapljica (morski dim) može smanjiti vidljivost. | — | 7 (10) | 23 (32) |
| 10 | Žestoka oluja (Whole gale) | 48—55 | 24,5—28,4 | Rijetko se javlja u unutrašnjosti kopna; čupa stabla iz zemlje; nastaju velike štete na zgradama. | Vrlo visoki valovi s dugim krestama u obliku perjanica; proizvedena pjena u velikim komadima izdužuje se u debele bijele brazde niz vjetar; u cjelini površina vode ima bijeli izgled; razbijanje kresta u obliku valjaka postaje snažno i naglo. Vidljivost je smanjena. | — | 9 (12,5) | 29 (41) |
| 11 | Orkanska oluja (Strom) | 56—63 | 28,5—32,6 | Vrlo rijetka pojava praćena razaranjima velikih razmjera. | Izvanredno visoki valovi (brodovi male i srednje veličine mogu se povremeno gubiti iz vida); more je potpuno pokriveno dugim komadima bijele pjene koji su izduženi niz vjetar; svuda se rub kresta valova pretvara u pjenu; vidljivost je smanjena. | — | 11,5 (16) | 37 (52) |
| 12 | Orkan (Hurricane) | 63—71 | 32,7—36,9 | — | Zrak je pun morskog dima, a more je zbog toga dima potpuno bijelo; vidljivost vrlo je smanjena. | — | 14 (—) | 45 (—) |
| 13 | — | 72—80 | 37,0—41,4 | Budući da za ove stupnjeve uraganskih vjetrova za sada nema prikladnih obilježja prema izgledu mora, odnosno prema razornom djelovanju na kopnu, stupnjevi Beaufortove skale od 13 do 17 ne upotrebljavaju se u procjeni jačine vjetra na moru. | | — | — | — |
| 14 | — | 81—89 | 41,5—46,1 | | | — | — | — |
| 15 | — | 90—99 | 46,2—50,9 | | | — | — | — |
| 16 | — | 100—108 | 51,0—56 0 | | | — | — | — |
| 17 | — | 109—118 | 56,1—61,2 | | | — | — | — |

Napomena: Posljednje dvije vertikalne rubrike ove tablice služe za grubu procjenu stanja mora koje se može očekivati na pučini, daleko od obale. U unutrašnjim morima i blizu obale, pri vjetru s kopna, visina valova bit će manja, a njihova strmina veća. Brojevi u zagradi označavaju vjerojatnu maksimalnu visinu valova.



**160. Beaufortova skala.** — U pomorstvu i meteorološkoj službi uopće mnogo se upotrebljava Beaufortova skala za pokazivanje jačine vjetra koji puše iznad morske površine, bez upotrebe instrumenta. Prvu skalu s podjelom od 0 do 12° za procjenu jačine vjetra predložio je 1806. g. engleski admiral Francis Beaufort na temelju ispitivanja i ponašanja svoga broda Wolwich, pri plovljenju na jedra. Tom skalom on je pokazao kakvo djelovanje, osobito za njegov brod i slične brodove, ima vjetar na brzinu broda i na plohe jedara izložene vjetru. Otada pa do danas izmijenjene su četiri skale, ali je zadržan Beaufortov sistem skale vjetra, s tim što je svakom stupnju određena odgovarajuća vrijednost brzine u čv odnosno m/s, kao i specifičnog tlaka vjetra na brod. Četvrta skala, koja se danas upotrebljava za mjernu visinu od 10 m, prihvaćena je na Međunarodnom meteorološkom kongresu 1946. g. u Parizu.

Raspon posljednjih triju skala od 0 Bf do 12 Bf nije zadovoljio, pa je četvrta Beaufortova skala usvojila raspon od 0 Bf do 17 Bf. Međutim, za potrebe pomorstva njena upotreba je ograničena do 12 Bf.

Glavni je nedostatak Beaufortove skale prije svega u tome što stupnjevi skale ne vrijede jednako za sva geografska područja, a zatim što procjena zavisi i od kriterija motrioca.

S obzirom na to da se u meteorološkom ključu za OBS METEO-izvještaje, brzina vjetra prikazuje u čv, stupnjevima jačine vjetra po Beaufortovoj skali dodijeljen je raspon brzine vjetra u čv. Međutim, pri šifriranju izvještaja podaci o brzini vjetra u čv svedeni su na jedan srednji broj (6 Bf — ff = 24; 7 Bf — ff = 30 itd.) pa se motrilac mora odlučiti za broj u tablici (str. 141—142).

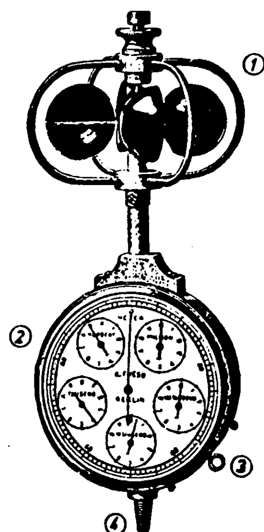
**161. Vjetrokaz.** — Na kopnenim stanicama obično se upotrebljava Wildov vjetrokaz (sl. 61). Sastoji se od nepokretnog i pokretnog dijela.

Nepokretni dio čini šipka, koja se pričvršćuje uspravno na stupu. Na njoj je navučen pokretni dio i prsten s vodoravnim nepokretnim palicama koje označuju strane svijeta. Pokretni dio sastoji se od krila za smjer vjetra i ploče za jačinu vjetra. Ta ploča visi na horizontalnoj osovini da je vjetar može slobodno uzdizati. Položaj ploče, a time i jačina vjetra, ocjenjuju se prema luku s osam vertikalnih radijalnih stupaca.

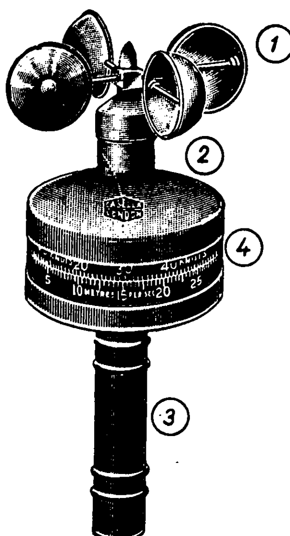
Smjer vjetra promatra se najmanje dva-tri puta i na taj način odredi njegova srednja vrijednost. Pri mjerenju jačine vjetra motrilac treba da ustanovi srednji položaj ploče u odnosu prema lučnoj ljestvici, a zatim da prema posebnoj tablici odredi jačinu vjetra.

Na nekim brodovima, na jarbolu je montiran samo pokretni dio vjetrokaza — za pravac vjetra, samostalno ili u sastavu anemografa (prijemnik pravca — t. 163). Umjesto takva vjetrokaza na brodu se često iskoriste rukavac, zastava i sl. (t. 159).

**162. Anemometar.** — Vjetromjer ili anemometar je instrument kojim se mjeri brzina vjetra. Upotrebljavaju se anemometar na obrtni sistem i anemometar na Pito-cijevi. Svaki anemometar ima prijemni dio, koji je izložen slobodnom strujanju zraka, i dio za pokazivanje ili bilježenje brzine vjetra, koji je zaštićen.




◀ *Sl. 62. a Obični ručni anemometar*
1 — prijemni dio (obrtaljka), 2 — pokazivač, 3 — kočnica, 4 — navoji za spajanje anemometra uz nosač




*Sl. 62. b Ručni električni anemometar*
1 — prijemni dio (obrtaljka), 2 — kućište, 3 — rukohvat, 4 — skala u čv i m/s

*Anemometar može biti ručni ili instaliran.* Opisat ćemo upotrebu ručnog anemometra s obrtnim sistemom. Na meteorološkim stanicama na kopnu on se pri svakom mjerenju montira na vertikalni stup visine 10 m (za tu svrhu kućište pokazivača s donje strane nosi vijak), a na brodovima se isključivo drži u ruci.

P r i j e m n i k (sl. 62a) ovog anemometra je vreteno sa četiri šuplje polukugle, pričvršćene za krakove pravokutna križa (Robinsonov križ). Utjecajem vjetra na polukugle okreće se vreteno, a ti se okreti prenose na sistem zupčanika i dalje na kazaljke pokazivača.

P o k a z i v a č ima oblik džepnog sata, na kojemu središnja velika kazaljka i male kazaljke na dva — pet posebnih brojila pokazuju vrijednost prijeđenog puta vjetra. Velika kazaljka kreće se po obodnoj kružnoj skali, koja je podijeljena na 100 dijelova (0 — 100). Skale brojila malih kazaljki podijeljene su od 0 do 10. Ako su dvije male kazaljke, jedna pokazuje stotine a druga tisuće metara prijeđenog puta. Kod anemometra sa pet kazaljki, treća kazaljka pokazuje desetine tisuća, četvrta stotine tisuća, a peta milijune metara prijeđenog puta vjetra.

Sa strane kućišta prijemnika, za upućivanje i prekidanje rada pokazivača, služi kočnica s ušicom. Iznad i ispod kočnice nalazi se po jedan očnjak za provođenje uzice koja je privezana za ušicu kočnice. Uzica služi za aktiviranje i kočenje pokazivača kad je anemometar montiran visoko i ne može se dohvatiti rukom.

*Mjerenje se vrši s otvorenog mjesta, a na brodu u vožnji s privjetrene strane zapovjedničkog mosta.* Uz anemometar treba imati i štopericu sa sekundnom podjelom. Položaj svake kazaljke otčitava se i zapisuje redom počevši od one koja pokazuje najveću brojčanu vrijednost, a najkasnije položaj velike kazaljke.



Pošto je provjereno da je pokazivač isključen, vjetromjer se uzme u desnu ruku palcem prislonjenim na kočnicu, a zatim ruka digne uspravno iznad glave. Štoperica se nalazi u lijevoj ruci. Poslije nekoliko sekundi puštaju se istovremeno u rad anemometar i štoperica. Čeka se neko vrijeme, obično 100 sekunda, a zatim se istovremeno zaustavi rad pokazivača i štoperice. Za vrijeme mjerenja anemometar treba držati uspravno.

Neposredno poslije prekida rada anemometra otčitaju se novi položaji kazaljki, i to istim redom kao i prije, i te vrijednosti zapišu iznad prijašnjih. Kad je to završeno, anemometar se stavlja u kutiju i spremi na određeno mjesto. Oduzimanjem starih otčitanja od novih dobija se prevaljeni put. Ako se taj prevaljeni put podijeli brojem sekundi, dobije se srednja brzina vjetra u m/s. Dobiveni podatak o brzini vjetra treba popraviti popravkom dotičnog instrumenta (ako postoji instrumentalna greška).

Osim prije opisanog ručnog anemometra, upotrebljava se i *električni ručni anemometar,* kod kojega je umjesto brojčanika ugrađen mali generator električne struje. Vreteno pokreće generator, a ovaj proizvodi električnu struju, čiji napon zavisi od brzine okretanja križa s polukuglama. Umjesto napona struje, kazaljke na skalama brojčanika odmah pokazuju trenutnu brzinu vjetra u m/s (obično imaju opseg mjerenja od 0,5 do 40 ili 50 m/s).

Postoje i *anemometri s prijenosom podataka na daljinu.* Na osovini Robinsonova križa nalazi se rotor malog dinama. Kabelom se struja odvodi na pokazivač, koji je zapravo galvanometar. Položaj kazaljke na skali galvanometra, koji je razmjeran broju okreta vretena, pokazuje brzinu vjetra u m/s. Obično na pokazivaču postoje dvije podjele: 0—15 m/s (za male brzine vjetra) i 0—40 m/s (za veće brzine vjetra).

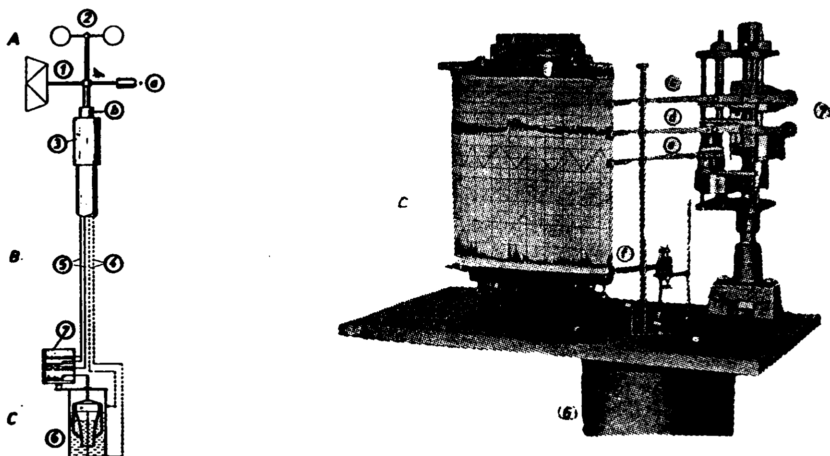
Postoje i takvi anemometri kojima pokazivač ima dva brojila: jedan pokazuje brzinu vjetra (kao i kod prethodnog), a drugi s ružom vjetrova pokazuje smjer vjetra.

**163. Anemograf.** — Taj instrument služi za bilježenje smjera i brzine vjetra. Slika 63. pokazuje Fuessov univerzalni anemograf, koji ima primopredajni i registrirajući dio.

P r i j e m n i d i o sastoji se obično od tri kombinirana prijemnika: jedan za smjer vjetra (vjetrokaz), drugi za srednju brzinu (prijeđeni put) vjetra, a treći za trenutnu brzinu (tlak) vjetra. Prijemnik smjera vjetra je krilo okretljivo oko vertikalne osi vretena i ono se uvijek postavlja niz vjetar. Na protuutegu krila, koji se uvijek postavlja uz vjetar, nalazi se otvor za statički i dinamički tlak zraka. Kao prijemnik srednje brzine vjetra služi Robinsonov križ. Rad tih dijelova prenosi se preko predajnika i spojnih kablova na tri gornja pera pisaćeg dijela anemografa. Rad prijemnika za trenutnu brzinu vjetra prenosi se na registrirajući dio po sistemu Prandtovih cijevi. Kroz cijev koja spaja otvor na protuutegu krila i plovak manometra prenose se statički tlak i dinamički tlak vjetra. Kroz posebnu cijev, koja spaja otvor na podnožju vretena i prostor iznad plovka manometra, prenosi se statički tlak zraka.

Prijemnici su smješteni na jarbolu ili posebnom stupu da bi bili što bolje izloženi vjetru.

R e g i s t r i r a j u ć i d i o sastoji se od manometra i uređaja za bilježenje smjera i brzine vjetra. Smješten je u navigacijskoj kabini.




*Sl. 63. Univerzalni Fuessov anemograf*

*A — primopredajni dio:* 1 — prijemnik za smjer vjetra (vjetrokaz), 2 — prijemnik za srednju brzinu vjetra (Robinsonov križ), 3 — predajnik, a — otvor za statički i dinamički tlak, b — otvor za statički tlak

*B — spojevi:* 4 — Prandtove cijevi, 5 — prenosi za pera

*C — Registrirajući dio:* 6 — manometar, 7 — uređaj za bilježenje elemenata vjetra, c — pero za smjer vjetra iz NE i SE kvadranta, d — pero za smjer vjetra iz SW i NW kvadranta, e — pero za bilježenje srednje brzine vjetra, f — pero za bilježenje trenutne brzine vjetra

Manometar je smješten ispod kutije s uređajem za bilježenje i upravlja perom za bilježenje trenutne brzine vjetra. U cilindru djelomično napunjen vodom pliva šuplji plovak. Promjenom brzine vjetra mijenja se i dinamički tlak. Zbog toga se plovak spušta i diže, a time mijenja i položaj pera.

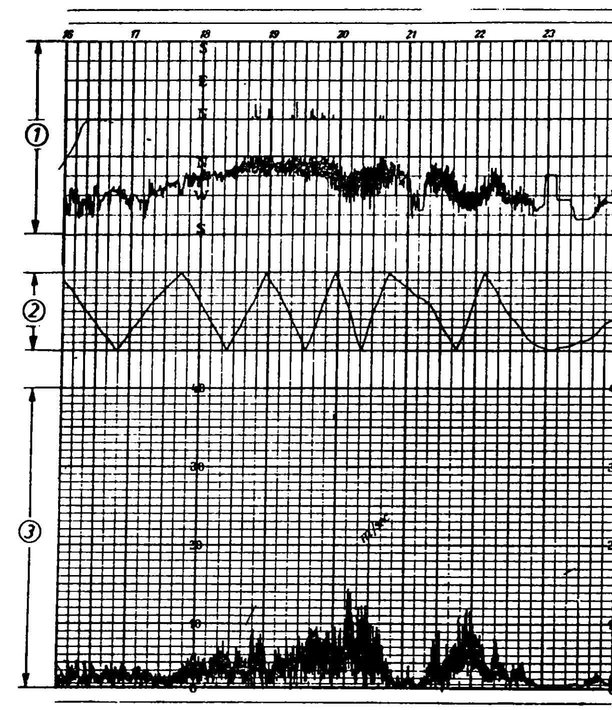
Uređajem za bilježenje srednje brzine (prijeđenog puta) vjetra upravlja Robinsonov križ. Pero tog uređaja nalazi se ispod donjeg pera za bilježenje smjera vjetra.

Uređaj za bilježenje smjera vjetra ima dva pera. Donje pero bilježi smjerove vjetra iz istočne polovice horizonta (N — E — S), a gornje iz zapadne polovice horizonta (N — W — S). Kada je vjetrokaz usmjeren prema N ili S, tada pišu oba pera. Tim perima upravlja vjetrokaz.

Uređaji za bilježenje crtaju na papirnoj vrpci krivulje, koje daju podatke o vjetru za bilo koje vrijeme. Valjak anemografa sličan je onom opisanom u t. 123, kao kod pisača uopće. On vrši jedan obrt za 24 sata. *Vrpca se mijenja svaki dan u 08.00 sati, a uređaj se navija svakih sedam dana (ponedjeljkom).*

Vrpca anemografa (sl. 64) ima vodoravne podjele za smjer, srednju brzinu i trenutnu brzinu vjetra i uspravne (satne) podjele u intervalima po deset minuta. Podjele za smjer vjetra nalaze se pri vrhu vrpce i obilježene su slovima S, E i N za gornje pero, a slovima N, W i S za donje pero. Podjele za srednju brzinu nalaze se na sredini dijagrama (treće pero odozgo). Razmak između vodoravnih crta odgovara putu od 1000 m. Pero piše kose crte, od kojih svaka označava put vjetra od 10 km. Podjela za trenutnu brzinu vjetra zauzima donji dio





*Sl. 64. Anemogram*

1 — podjela za smjer vjetra, 2 — podjela za srednju brzinu vjetra (širina 10 km), 3 — podjela za trenutnu brzinu vjetra u m/s (širina 40 m/s)

vrpce. Nulta crta je prva odozdo, a posljednja 40 m/s, interval između dvije crte iznosi 2 m/s. Sa strane dijagrama nacrtana je skala za otčitavanje tlaka vjetra u kg/m².

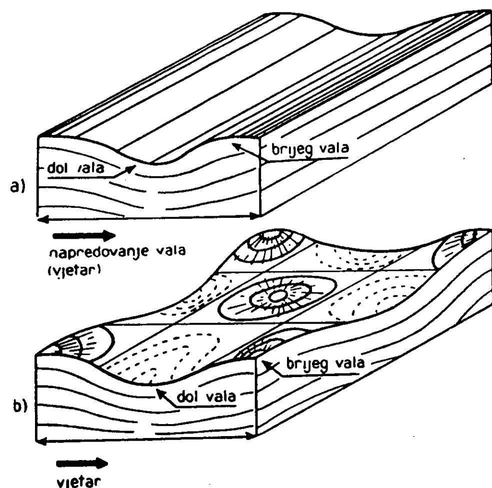
U Fuessov univerzalni anemograf može se ugraditi i uređaj za prenošenje smjera i brzine vjetra na ponavljače, koji se nalaze na raznim mjestima na brodu.

Opće odredbe o rukovanju, čuvanju i zamjeni vrpce iznijete u t. 123. vrijede i za anemografsku vrpcu.

## 10. MOTRENJE VALOVA

**164. Općenito.** — Od svih vanjskih sila vjetar je najvažniji uzročnik morskih valova. *Vjetar stvara valove,* oni dolaze iz olujnog područja i na kraju zamiru i nestaju negdje na moru. Od kraćeg ili dužeg trajanja vjetra, kao i od njegove veće ili manje jačine i turbulencije, zavisi duže ili kraće trajanje valova odnosno njihova visina. S obzirom na turbulentnost i mahovitost vjetra, učinak vjetra na morsku površinu nije jednostavan.

Morska površina je normalno ustalasana kao posljedica vladajućeg ili preostalog vjetra u dotičnom području. U zoni vjetra ta površina ima neobično složen i posve slučajan izgled, koji se neprestano mijenja i u cijelosti se nikada




*Sl. 65. Oblici valova*
a) pravilan (dvodimenzionalni) val
b) nepravilan (trodimenzionalni) val

tačno ne ponavlja. Zbog tih karakteristika, vjetrom stvoreni sistem valova naziva se *valovlje* (seaway), odnosno *valovi živog mora ili živo more.* Na znatnoj udaljenosti od zone stvaranja živog mora, odnosno nakon prestanka vjetra, vodene mase talasaju u više ili manje pravilnoj simetričnoj formi. Takav sistem valova dobio je naziv *talasi (swell, waves),* odnosno *valovi mrtvog mora ili mrtvo more.* U prvom slučaju mrtvo more prethodi ružnom vremenu jer valovi mrtvog mora zadržavaju svoj smjer napredovanja dok vjetar kruži oko mjesta najnižeg atmosferskog tlaka. Međutim, mrtvo more kao posljedica (ostatak) ružnog vremena javlja se pod utjecajem Zemljine teže i vlastite inercije vodenih masa.

Morsko valovlje pokazuje niz neugodnih a ponekad i opasnih djelovanja na brod, kao što su npr. ljuljanje broda (pomicanje tereta), dinamički udari (trpi konstrukcija broda) i smanjenje brzine (izbor rute). Sva ta pitanja od posebnog su značenja za pomorce jer direktno ugrožavaju navigacijsku sigurnost broda. Zbod toga se u posljednje vrijeme pored prognoze vremena sve veća pažnja obraća i prognozi valova (stanja mora).

Motrenje valova na trgovačkom brodu prvenstveno je potrebno za sastavljanje brodskih meteo-izvještaja, a zatim i za kontrolu prognoziranih valova, kao i za naučne svrhe.

**165. Vrste valova.** — Zavisno od položaja, valovi mogu biti *površinski* (valovi na vodi) i *unutrašnji* (valovi u vodi). Prema silama koje izazivaju valove razlikujemo *transplimne i plimne valove, tsuname* [cuname], *sejše i vjetrovne* (prisilne) *valove.* Vjetrovni valovi su posljedica utjecaja horizontalna strujanja zraka (vjetra) na površinu mora.

*Za pomorstvo su osobito značajni površinski vjetrovni valovi i plimni valovi*.*

Prema silama koje nastoje smiriti talasanje vode, razlikujemo kapilarne i gravitacijske valove. Na moru su osnovni gravitacijski valovi. Zavisno od valne duljine i dubine mora, valovi mogu biti *kratki* i *dugi.* Prema napredovanju

* Vidi: Navigacija I, izd. 1967. g. i Pomorstvo III, izd. 1970. g.



valne forme razlikujemo *progresivne* (napredujuće) i *stojne valove.* Prema formi vala razlikujemo *pravilne* (jednostavne, dvodimenzionalne) i *nepravilne* (složene, trodimenzionalne) valove. Dvodimenzionalni valovi su normalno dugobregoviti, a trodimenzionalni kratkobregoviti.

Vjetrovni val nikada se ne javlja sam na morskoj površini već postoje nizovi valova (valni sistemi) koji se zovu valovlje. Ono je na moru uvijek više ili manje nepravilno i kratko bregovito, pa se samo uvjetno može govoriti o dugobregovitom i pravilnom valovlju. Interferencijom valova koji dolaze iz više smjerova nastaje ukrižano more (cross sea).

Valovi se normalno kreću u nepravilnim grupama, pa je potrebno motriti elemente značajnih valova svakoj grupi, a ne elemente ekstremnih valova.

Ako je prisutno više valnih sistema, načelno treba motriti sistem koji prevladava. Procijenjeni elementi vala moraju pokazati srednje vrijednosti dobro formiranih valova tog sistema. Ako se valovi živog mora superponiraju nad valovima mrtvog mora, potrebno je izvršiti dva zasebna motrenja valnih elemenata.

**166. Elementi vala.** — Slika 66.a prikazuje presjek jednostavnog vala male amplitude s vertikalnom ravninom u pravcu njegova kretanja.

a) G e o m e t r i j s k e  k a r a k t e r i s t i k e  v a l a

*Duljina vala* (L) je horizontalna udaljenost između dva uzastopna vrha valnog brijega (L = C.T).

*Visina vala* (H) je vertikalna udaljenost neke tačke valnog profila od razine mora. Ona je uvijek manja od 1/7 duljine vala.

*Amplituda vala* (A) je polovina visine vala.

*Ordinata vala* (h) je trenutna udaljenost neke tačke valnog profila od razine mora.

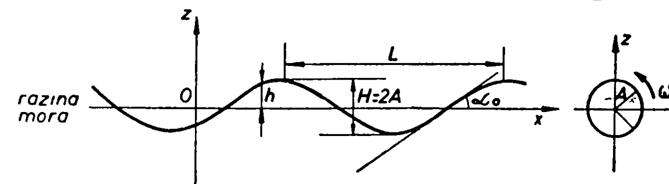
*Strmina vala (a)* je omjer visine vala i njegove duljine.

b) K i n e m a t i č k e  k a r a k t e r i s t i k e  v a l a

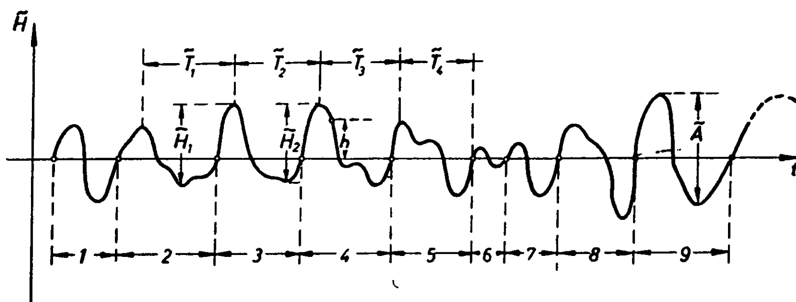
*Valni period* (T) je vrijeme između prolaza dvaju uzastopnih vrhova valnog brijega kroz istu nepomičnu tačku ($T = \frac{L}{C}$).

*Valna (fazna) brzina* (C) je horizontalna udaljenost koju prijeđe bilo koja tačka valnog profila u jedinici vremena ($C = \frac{L}{T}$).

*Valna frekvencija* (f) je recipročna vrijednost perioda ($f = \frac{L}{T}$).




*Sl. 66. a Glavni elementi pravilnog (sinusoidalnog) vala*
L — duljina vala, H — visina vala, A — amplituda vala, $\alpha_0$ — maksimalna strmina vala, ω — kružna frekvencija




*Sl. 66. b Prividni elementi vjetrovnih (nepravilnih) valova*

$\tilde{H}$ — prividna visina vala, h — valna ordinata, $\tilde{A}$ — prividna amplituda vala,

$\tilde{T}$ — prividni period vala

Stvaran profil valova živog mora može se dobiti samo direktnim snimanjem stanja mora. Kada bi sl. 66.b prikazivala snimak uzvalovane morske površine u nekom trenutku na njemu bi se moglo izmjeriti više različitih *vidljivih valnih visina i duljina.* Međutim, postojeći mjerni instrumenti, kao što su valografi, u nekoj nepomičnoj tački daju samo vidljive visinske promjene vala, tj. veličine ordinata valovlja za određeno vrijeme. Takav snimak naziva se valogram.

***Zasebnim valom na valogramu smatra se svaka oscilacija koja se nalazi između dva susjedna presjeka srednje (nulte) crte s privjetrenim (zavjetrenim) padinama vala.*** Srednja crta (apscisa) povlači se kroz sredine tih dijelova valograma koji sadrže valove najmanje visine (na sl. 66.b numerirani brojevima od 1 do 9). Valovi iznad i ispod te srednje crte sporedni su i ne uzimaju se u obzir.

Za određivanje vidljive duljine vala potreban je poseban stereografski snimak valovlja za dati trenutak.

Vidljivi elementi vjetrovnih valova na valogramu nazivaju se prividnim i označavaju se kvačicama iznad usvojenih simbola.

Zbog velikog broja tih prividnih elemenata, u praksi se za karakteriziranje valovlja uzimlju srednje vrijednosti vidljivih elemenata: $\tilde{H}$ — *srednja valna visina,* $\tilde{H}_{1/3}$ — *srednja visina 1/3 najviših valova, tzv. značajna visina* (najbliža visini opaženoj s broda) i $\tilde{H}_{1/10}$ *srednja visina 1/10 najviših valova* (karakteristika najvišeg vala).*

Na str. 152—153 nalazi se *skala za obilježavanje stanja mora* s vrijednostima prividnih elemenata valova potpuno razvijenoga mora, tj. kada su ispunjeni uvjeti minimalnog prostranstva i minimalnog trajanja ustaljenog vjetra. U slučaju ograničenog trajanja vjetra ili ograničenog prostranstva, valovlje je djelomično razvijeno. Ako je jedan od tih faktora potpun, a drugi ograničen, razvoj

* Za relativno uzak spektar valova: $\tilde{H} = 1{,}77\sqrt{E}$, $\tilde{H}_{1/3} = 2{,}83\sqrt{E}$, $\tilde{H}_{1/10} = 3{,}60\sqrt{E}$, gdje je E ukupna energija vala, nazvana i kokumulativni spektar.



valovlja zavisi od ograničenog faktora. Za uvjete Jadranskog mora ograničen faktor je prostranstvo. Samo za SE vjetrove postoji osigurano minimalno prostranstvo za potpun razvoj valovlja. Valovlje iz svih drugih pravaca ne može biti potpuno razvijeno bez obzira na brzinu vjetra.

P r i m j e r: Puše jugo (SE) jačine 6 Bf (24,5 čv). Koliko iznosi značajna visina valova ako postoje uvjeti minimalnog prostranstva?

*Rješenje* (tabl. str. 153): Od 140 M i dalje postoje uvjeti minimalnog prostranstva. Poslije 17 sati puhanja juga značajna visina valova $H_{1/3}$ = 4,0 m.

**167. Određivanje smjera valova motrenjem s broda u vožnji.** — Smjer iz kojeg dolaze valovi najpraktičnije se *određuje smjeranjem fronta valnih bregova.* Tako dobivenom azimutu treba odbiti 90° da bi se dobio smjer kretanja valova.

Smjer kretanja valova može se procijeniti i odoka prema smjeru pravog vjetra. Međutim, treba imati na umu da se smjer valova i smjer vjetra uvijek ne poklapaju. Naročito se to javlja pri promjeni vjetra.

**168. Određivanje perioda vala motrenjem s broda u vožnji.** — To je jedini element vala koji se na brodu u vožnji zaista može izmjeriti. *Period vala je vrijeme u sekundama koje je potrebno da neki plutajući predmet (drvo) ili pjega pjene (kod više od 6 Bf) prijeđe od jednog do slijedećeg vrha brijega dobro formiranih valova.* Usidrena plutača odlično je pomagalo za određivanje valnog perioda. Najpraktičnije je da jedan član posade broda baca komade drva s pramca, a motrilac ih sa zapovjedničkog mosta promatra i mjeri vrijeme. U nedostatku bilo kakvog plutajućeg tijela, mogu se iskoristiti i galebovi na vodi.

*Mjeri (procjenjuje) se vrijeme* između najmanje deset uzastopnih pojava plutajućeg predmeta na vrhu vala. Na osnovi tog vremena odredi se srednji valni period. Štoperica se uputi kada plutajuća oznaka dođe na vrh vala, a zaustavi kada ponovo bude na vrhu vala.

Ako rade dva motrioca, tada prvi mjeri prvi, treći peti itd. period, a drugi drugi, četvrti, šesti i daljnje periode. Time se smanjuje vrijeme motrenja na polovicu vremena potrebnog jednom motriocu. Kada je period manji od pet sekundi, kao i kod male brzine vjetra, opisana metoda teže se primjenjuje. Međutim, takvi valovi su i manje značajni.

**169. Određivanje visine vala motrenjem s broda u vožnji.** — *Visina vala je vertikalni razmak (H) u metrima između najniže tačke dola i najviše tačke brijega dobro formiranih valova prevladavajućeg valnog sistema.* Broj motrenja je kao i pri mjerenju perioda vala, tj. najmanje deset. Obično se primjenjuju slijedeće *metode.*

Kod naročito razvijenog mora, visinu vala je najpraktičnije procijeniti na taj način da motrilac zauzme mjesto na sredini privjetrene strane broda i što je moguće niže (gdje je ljuljanje najslabije). Ako su valovi viši i dulji od broda, najpraktičnije je da motrilac penjanjem i spuštanjem po nadgrađu broda (jarbolu) nađe takvu visinu s koje vidi vrh dolazećeg vala u ravnini horizonta kada je brod u dolini vala uspravan. Visina vala u oba slučaja odgovara visini oka motrioca iznad razine mora u trenutku kada se brod nađe na ravnoj kobilici (uspravan). Postojat će neki bregovi koji su viši odnosno niži od horizonta njegovih očiju, ali će prosječni brijeg ipak biti u razini njegovih očiju. Treba imati na umu da općenito postoji tendencija da se visina kratkih valova precjenjuje, a visina dugih valova potcjenjuje.

## SKALA STANJA MORA (VALOVA)

| IZGLED MORA | | | VJETAR | | VALOVI | | | | | | Uvjeti za potpuno razvijeno more | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Valna visina (m) | | | | | | | |
| Stupanj stanja mora | Naziv | OPIS | Stupanj po Beaufortu (Bf) | Brzina vjetra (čv) | Srednja $\sim H$ | Značajna $\sim H_{1/3}$ | Srednje desetine najviših $\sim H_{1/10}$ | Opseg značajnih perioda (s) | Srednji period $\sim T$ (s) | Srednja valna duljina $\sim L$ (m) | Minimalno prostranstvo (M) | Minimalno trajanje (h) |
| 0 | ZRCALNO (Glassy) | More poput zrcala | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | — | — | — | — | — |
| 1 | NABORANO (Rippled) | Mali valići ili bore s pojavama propinjanja, ali bez kresta | 1 | 2,0 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | do 1,2 | 0,5 | 0,2 | 5,0 | 0,3 |
| | | | 2 | 5,0 | 0,05 | 0,09 | 0,11 | 0,4— 2,8 | 1,4 | 2,0 | 8,0 | 0,65 |
| 2 | VALIĆASTO (Smooth) | Kratki određeni valovi ili mali valovi valjanja. Bregovi imaju staklast izgled. | 3 | 8,5 | 0,18 | 0,3 | 0,4 | 0,8— 5,0 | 2,4 | 6,1 | 9,8 | 1,7 |
| | | | | 10,0 | 0,27 | 0,4 | 0,5 | 1,0— 6,0 | 2,9 | 8,2 | 10,0 | 2,4 |
| | | | 4 | 12,0 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 1,0— 7,0 | 3,4 | 12,2 | 18,0 | 3,8 |
| 3 | VALOVITO (Slight) | Valovi ili veći valovi valjanja. Mjestimične bjeline na valnim bregovima. More stvara isprekidano šuštanje. | | 13,5 | 0,5 | 0,9 | 1,1 | 1,4— 7,6 | 3,9 | 15,8 | 24,0 | 4,8 |
| | | | | 14,0 | 0,6 | 1,0 | 1,3 | 1,5— 7,8 | 4,0 | 18,0 | 28,0 | 5,2 |
| | | | | 16,0 | 0,9 | 1,4 | 1,7 | 2,0— 8,8 | 4,6 | 21,6 | 40,0 | 6,6 |
| 4 | UMJERENO (Moderate) | Valovi s mnogo bjelina. Mogućnost prskanja. Šum mora sliči muklom žamoru. | 5 | 18,0 | 1,1 | 1,8 | 2,4 | 2,5—10,0 | 5,1 | 27,4 | 55,0 | 8,3 |
| | | | | 19,0 | 1,3 | 2,1 | 2,6 | 2,8—10,6 | 5,4 | 30,2 | 65,0 | 9,2 |
| | | | | 20,0 | 1,5 | 2,4 | 3,0 | 3,0—11,1 | 5,7 | 33,8 | 75,0 | 10,0 |
| | | | 6 | 22,0 | 1,9 | 3,0 | 4,0 | 3,4—12,2 | 6,3 | 40,8 | 100,0 | 12,0 |
| 5 | UZBURKANO (Rough) | Valovi se propinju. Neprekinute bjeline. Pjena s vrhova prigodice se otpuhava kao vodena prašina. Valovi stvaraju neprekinut žamor. | | 24,0 | 2,4 | 3,7 | 4,9 | 3,7—13,5 | 6,8 | 48,8 | 130,0 | 14,0 |
| | | | | 24,5 | 2,5 | 4,0 | 5,2 | 3,8—13,6 | 7,0 | 50,0 | 140,0 | 15,0 |
| | | | | 26,0 | 2,9 | 4,6 | 6,1 | 4,0—14,5 | 7,4 | 57,3 | 180,0 | 17,0 |
| | | | 7 | 28,0 | 3,4 | 5,5 | 7,0 | 4,5—15,5 | 7,9 | 64,6 | 230,0 | 20,0 |
| 6 | VRLO UZBURKANO (Very rough) | Visoki valovi imaju velike bjeline s kojima se pjena otpuhuje u gustim prugama. More se počinje valjati, a njegov je šum poput mukle huke. | | 30,0 | 4,3 | 6,7 | 8,5 | 4,7—16,7 | 8,6 | 76,2 | 280,0 | 23,0 |
| | | | | 30,5 | 4,3 | 7,0 | 8,8 | 4,8—17,0 | 8,7 | 78,6 | 290,0 | 24,0 |
| | | | | 32,0 | 4,9 | 7,9 | 10,0 | 5,0—17,5 | 9,1 | 86,9 | 340,0 | 27,0 |
| | | | 8 | 34,0 | 5,8 | 9,1 | 11,6 | 5,5—18,5 | 9,7 | 98,1 | 420,0 | 30,0 |
| 7 | VISOKO MORE (High) | Veliki valovi se propinju. Imaju duge pjenušave bregove koji se neprekidno ruše i stvaraju hučanje. Velike količine pjene otpuhnute s bregova uzrokuju da morska površina poprima bjelkast izgled i može utjecati na vidljivost. Valovi se valjaju teško i udarno. | | 36,0 | 6,4 | 10,7 | 13,4 | 5,8—19,7 | 10,3 | 110,6 | 500,0 | 34,0 |
| | | | | 37,0 | 7,0 | 11,3 | 14,2 | 6,0—20,5 | 10,5 | 114,6 | 530,0 | 37,0 |
| | | | | 38,0 | 7,6 | 12,2 | 15,2 | 6,2—20,8 | 10,7 | 119,5 | 600,0 | 38,0 |
| | | | | 40,0 | 8,5 | 13,7 | 17,7 | 6,5—21,7 | 11,4 | 135,3 | 710,0 | 42,0 |
| 8 | VRLO VISOKO MORE (Very high) | Valovi su tako visoki da manji i srednji brodovi u blizini povremeno nestaju iz vida. Vjetar otkida vrhove svih valova, a more je potpuno prekriveno gustim prugama pjene. Zrak je tako ispunjen pjenom i morskom prašinom da ozbiljno ograničava vidljivost. Valjanje valova stvara tutnjavu. | 9 | 42,0 | 9,5 | 15,2 | 19,5 | 7,0—23,0 | 12,0 | 150,0 | 830,0 | 47,0 |
| | | | | 44,0 | 11,0 | 17,7 | 22,2 | 7,0—24,2 | 12,5 | 163,0 | 960,0 | 52,0 |
| | | | | 46,0 | 12,2 | 19,5 | 24,7 | 7,0—25,0 | 13,1 | 180,0 | 1110,0 | 57,0 |
| 9 | IZUZETNO VISOKO MORE (Phenomenal) | Valovi se međusobno križaju iz raznih i nepredvidivih smjerova stvarajući složeni model interferencije koji je teško opisati. Valovi se mogu prigodice djelomično rušiti. | 10 | 48,0 | 13,4 | 21,6 | 27,4 | 7,5—26,0 | 13,8 | 198,2 | 1250,0 | 63,0 |
| | | | | 50,0 | 14,9 | 23,8 | 30,2 | 7,5—27,0 | 14,3 | 213,8 | 1420,0 | 69,0 |
| | | | | 51,5 | 15,9 | 25,3 | 32,3 | 8,0—28,2 | 14,7 | 224,7 | 1560,0 | 73,0 |
| | | | | 52,0 | 16,5 | 26,5 | 33,5 | 8,0—28,5 | 14,8 | 228,8 | 1610,0 | 75,0 |
| | | | | 54,0 | 18,0 | 28,9 | 36,9 | 8,0—29,5 | 15,4 | 247,0 | 1800,0 | 81,0 |
| | | | 11 | 56,0 | 19,5 | 31,4 | 39,6 | 8,5—31,0 | 16,3 | 277,8 | 2100,0 | 88,0 |
| | | | | 59,5 | 22,2 | 35,4 | 45,1 | 10,0—32,0 | 17,0 | 300,0 | 2500,0 | 101,0 |
| | | | 12 | > 64 | > 24,4 | > 39,0 | > 50,0 | 10,0—(35) | (18) | ~ | ~ | ~ |

Ako su valovi niski i znatno kraći od duljine broda, a vjetar je slab i brod ne posrće, dobra metoda motrenja visine vala sastoji se u tome da se brod zaustavi s pramcem u valove. S pramca se spusti dovoljno duboko u more uteg ručnog dubinomjera. Prema podjeli uzice otčitava se najviša i najniža razina mora, a njihova razlika daje visinu vala. Ta je metoda naročito prikladna za mjerenje visine vala s obale ili plivajućih dokova.

**170. Određivanje duljine vala.** *Duljina vala je udaljenost u metrima između vrhova dva uzastopna brijega dobro formiranih valova.* Mjerenje duljine mnogo je teže nego mjerenje perioda vala, jer se normalno kraći valovi superponiraju nad dugim valovima i na taj način pokrivaju stvarne profile valova. Duljina vala se najjednostavnije i najtačnije procjenjuje kada brod vozi valovima u pramac ili krmu. Analogno prije rečenom, i duljina vala mjeri se do deset puta i na taj način odredi srednja duljina vala. Jedna od metoda mjerenja duljine vala koristi se tegljom mehaničkog brzinomjera. Ne raspolaže li se takvim brzinomjerom, može se iskoristiti pletena uzica dugačka do 250 m, podijeljena na desetice metara. Na kraju te uzice priveže se kolut za spasavanje. U vožnji kolut se tegli po krmi broda. Motrilac promatra valove u pravcu koluta. U trenutku kada se jedan brijeg vala nađe ispod krme drugi će se naći negdje duž uzice tegljenog koluta. Na osnovi podjele uzice procjenjuje se duljina vala. Ta metoda mjerenja zadovoljava kad je visina vala od 1,5 do 7,0 metara.

Ako se motrilac nalazi na dovoljno dugom brodu, može se sam brod upotrijebiti kao dužinsko mjerilo. Jedan motrilac nalazi se na mostu (pramcu), a drugi se postavi na stranu broda, ali što bliže krmi. Među njima treba da postoje telefonska veza ili ugovoreni optički signali. U trenutku kada se jedan brijeg vala nađe u visini prvog motrioca (na mostu) on to označi spuštanjem ruke ili preko zvučnika s riječi »sad«. Drugi motrilac dužan je u tom času opaziti položaj slijedećeg njemu bližeg brijega vala i na osnovi poznate duljine na brodu (razmaka rebara) procijeniti duljinu vala. Kada valovi dolaze pod nekim pramčanim kutom, prava duljina vala dobiva se ako procijenjenu duljinu vala, na jedan od navedenih načina, pomnožimo kosinusom pramčanog kuta.

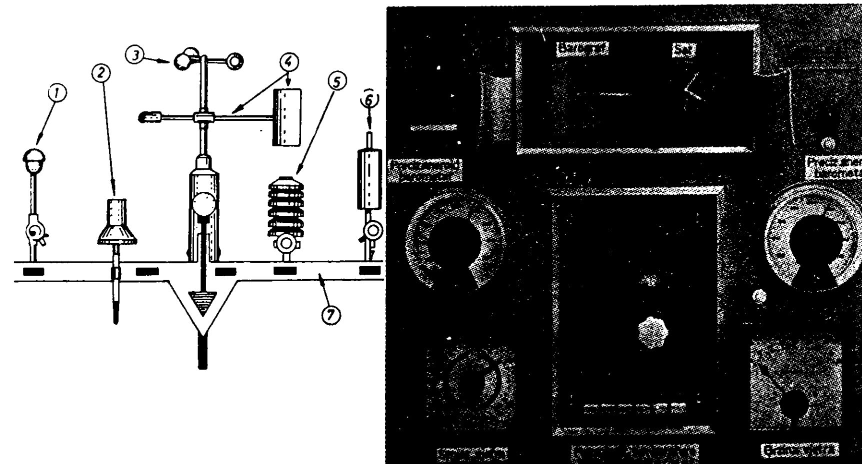
## 11. BRODSKA METEOROLOŠKA CENTRALA

**171. Općenito.** — U posljednje vrijeme na modernim brodovima, naročito trgovačkim brodovima specijalne namjene i na istraživačkim brodovima, ugrađuju se meteorološki uređaji koji izmjerene podatke električnim putem prenose na daljinu, tj. u brodsku meteorološku centralu. Pored jednostavnosti mjerenja, prednost je takva načina mjerenja i u tome što se kontinuirano mjere određeni meteorološki elementi slobodne atmosfere, skladišnih prostora i temperatura mora. Slične centrale montiraju se i na kopnenim stanicama, aerodromima i sličnim mjestima.

**172. Brodska meteorološka centrala tipa Combimet.** — Primači dio te centrale nalazi se na prednjem jarbolu, na raznim mjestima po brodu i na podvodnom dijelu broda. Registrirajući dio nalazi se u navigacijskoj kabini ili u zapovjedničkom mostu.

Na jarbolu (sl. 67a) u specijalnim zaštitnim oklopima nalaze se, prijemnik za temperaturu zraka i rosišta, prijemni dio anemografa, odnosno anemometra,






*a) prijemni dio* *b) registrirajući dio*

*Sl. 67. Brodska meteorološka centrala*

1 — kućište termometra (s električnim prijenosom), 2 — prijemnik aspiriranog psikrometra, 3 — prijemnik anemografa za srednju brzinu vjetra, 5 — prijemnik pokazivača vlažnosti i temperature zraka, 6 — klorid-litijumski prijemnik pokazivača rosišta, 7 — križ jarbola

i dr. S obje vanjske podvodne strane pramca nalazi se po jedan prijemnik (ticalo) za mjerenje temperature mora, a slični, za mjerenje temperature zraka, mogu biti smješteni na bilo kojem mjestu broda.

Ploču registrirajućeg dijela centrale prikazuje sl. 67b.

## 12. METEOROLOŠKI IZVJEŠTAJI

**173. Općenito.** — Kao i u svim službama gdje se zahtijeva opsežno izvještavanje u što sažetijem obliku, tako se i u meteorološkoj službi upotrebljavaju šifrirani (kodirani) izvještaji koji se sastavljaju pomoću tzv. Ključa za šifriranje. Time se uštеđuje na vremenu, otklanjanju poteškoća zbog jezika i postiže unificirani rad i razumijevanje u svjetskim razmjerima.

Izvještaj o izvršenom motrenju na brodu sastavlja se u šifriranom obliku iz motrenih podataka upisanih u Brodski meteorološki dnevnik (BMD). *Motreni meteorološki podaci šifriraju se po međunarodnom Ključu* za meteorološki rad na brodovima (Ključ FM 21.D SHIP) ili po ključu za rad na kopnenim stanicama (Ključ FM 11.D SYNOP)* Šifrirani meteorološki izvještaj emitira se s broda, kao OBS-METEO izvještaj, određenom meteorološkom centru za prikupljanje tih podataka. Svaki šifrirani meteorološki izvještaj sastavljen je od nekoliko šifriranih grupa, a svaka grupa od pet brojki prema odnosnom Ključu. Emitira se onoliko grupa koliko traže uputstva izdata dotičnom brodu.

* Oblici meteoroloških Ključeva i tabele Ključeva sadržani su u publikaciji WMO br. 9 ili u publikacijama koje izdaju meteorološke službe pojedinih zemalja.

*Svaki šifrirani meteorološki izvještaj na svom početku nosi posebnu oznaku (prefiks) koja označava vrstu izvještaja, na primjer:*

— SHIP, površinsko meteorološko motrenje izvršeno na brodu;
— Ship, isto kao prethodni, samo u otvorenom tekstu;
— SHRED,* reducirani oblik površinskog izvještaja broda;
— SPESH,** specijalni meteorološki izvještaj broda;
— SYNOP, površinsko meteorološko motrenje izvršeno na kopnenoj stanici;
— Synop, isti kao prethodni, samo u otvorenom tekstu;
— METAR, meteorološki izvještaj namijenjen zrakoplovstvu;
— MAFOR, prognoza za pomorce u šifriranom obliku;
— DEVELOPMENT, razvoj situacije, u otvorenom tekstu;
— FORECAST, prognoza vremena u otvorenom tekstu;
— IAC, sinoptička analiza po međunarodnom ključu za analizu;
— IAC FLEET, sinoptička analiza u skraćenom obliku međunarodnog ključa za analizu, za upotrebu brodova;
— ICE, izvještaj o ledu;
— Situation, opisni kratak sadržaj vremenske situacije u otvorenom tekstu;
— RETARD, riječ se dodaje zakašnjelim izvještajima;
— RECTIF, riječ se dodaje ispravljenim izvještajima, itd.

Od svih tih vrsta izvještaja za brod su osobito važni SHIP, SHRED, SPESH i IAC FLEET.

**174. Ključ za šifriranje meteoroloških izvještaja stanica na kopnu.** — Potpuni meteorološki izvještaj neke stanice na kopnu dat je Ključem FM 11.D, SYNOP:

SYNOP YYGG (II) iii Nddff VVwwW PPPTT***
$N_h$ $C_LhC_MC_H$ $T_dT_d$app (7RR$T_eT_e$)
(8 $N_sCh_sh_s$) (9 $S_pS_ps_ps_p$)

Grupe u zagradama mogu se izostaviti. Odabrani izvještaji kopnenih stanica u biltenima za brodove sadrže samo prve četiri grupe.

Iz Ključa FM 11.D SYNOP proizašli su još ovi skraćeni internacionalni Ključevi:

a) *Reducirani Ključ* FM 15.D SYNOP namijenjen za meteorološka obavještenja za zrakoplovnu navigaciju:

METAR (GGgg) CCCC ddd/$f_mf_m$
VVVV R$V_RV_RV_RV_R$ / $D_RD_R$ w'w' $N_sCCh_sh_s$
ili
CAVOK

b) *Ključ,* FM 16.D SYNOP, koji se upotrebljava za specijalne izvještaje pri naglim promjenama vremena isti je kao METAR, samo umjesto riječi METAR stoji riječ SPECI.

c) *Ključ* koji upotrebljava *obalna meteorološka služba Italije* METEOMAR za sastavljanje meteo-izvještaja za potrebe pomorske navigacije:

SYNOP iii Nddff VVwwW PPPTT 917S'S QUL($S_kD_k$) QNT (ff)

Detaljna objašnjenja za sastavljanje meteo-izvještaja po tom Ključu data su u posebnim priručnicima koje je izdala Svjetska meteorološka organizacija. Načelno, postupak je sličan načinima koji su objašnjeni u slijedećim tačkama.

---

* SHRED = SHip REDneed;
** SPEcial SHip
*** II — dvoznamenkasti broj kao znak raspoznavanja dotične zemlje
iii — troznamenkasti broj kao znak raspoznavanja kopnene stanice



**175. Ključ za šifriranje brodskih meteoroloških izvještaja.** — Obrazac izvještaja o površinskom meteorološkom motrenju s broda, u p u n o m o b l i k u, izražen je ključem FM 21. D SHIP (Form Mesage № 21.D SHIP) i ima *ovaj oblik:*

SHIP 99 $L_aL_aL_a$ $Q_cL_oL_oL_oL_o$ YYGG$i_w$ Nddff VVwwW PPPTT
$N_hC_LhC_MC_H$ $D_sv_s$app (7RRjj) (8$N_sCh_sh_s$) (9SpSps$_p$s$_p$) (O$T_sT_sT_dT_d$)
(1$T_wT_wT_wt_T$) (2$I_sE_sE_sR_s$) 3$P_wP_wH_wH$ $d_wd_wP_wH_wH_w$ (ICE $c_2$KDire)
ili riječ ICE + opis riječima, tj. podaci o ledu u otvorenom tekstu.

Grupe u zagradama nisu obavezne. U meteorološkim biltenima za brodove, odabrani brodski izvještaji obično sadrže samo prvih pet grupa punog Ključa. Ponekad se dodaje jedna ili više grupa s podacima o valovima

Taj oblik ključa prikladan je za odabrane trgovačke brodove koji imaju ove instrumente: precizni brodski aneroidni barometar, tjedni barograf, termometar s podjelom na 0,5°C ili 1,0°C za mjerenje temperature mora zahvaćenog kablićem, psikrometar (najpraktičniji je obrtni tip) s podjelom na 0,2°C i 1,0°C i štopericu za mjerenje perioda valova. Ručni anemometar, kao i živin barometar, nisu obavezni. Ti brodovi obično imaju i brodski meteorološki zaklon.

Iz prije naznačenog *obrasca po Ključu* FM 21.D SHIP (raniji FM 21.C) proizašli su ovi s k r a ć e n i o b r a s c i:

a) Obrazac za meteo-izvještaj u *skraćenom obliku* po ključu FM 22.D SHIP, namijenjen brodovima trgovačke mornarice koji su, u smislu vršenja meteorološke službe, klasificirani kao dopunski brodovi. Ti brodovi obavezni su da emitiraju, kad god je moguće, izvještaje o meteorološkim motrenjima u glavnim sinoptičkim terminima, u područjima s rijetkim prometom ili na traženje, a naročito ako dolazi ili vlada olujno vrijeme. Sve što je rečeno za potpuni izvještaj vrijedi i za ovaj skraćeni izvještaj. *Taj obrazac ima ovaj oblik:*

SHIP 99$L_aL_aL_a$ $Q_cL_oL_oL_oL_o$ YYGG$i_w$ Nddff VVwwW PPPTT
$N_hC_LhC_MC_H$ ($D_sv_s$///) (3$P_wP_wH_wH_w$) ($d_wd_wP_wH_wH_w$), zatim slijede riječ ICE popraćena grupom $C_2$KDire ili podaci o ledu u otvorenom tekstu (na engleskom jeziku).

Za razliku od odabranih brodova, ovi brodovi nemaju sve meteorološke instrumente, ali moraju raspolagati makar jednim preciznim aneroidnim barometrom i pouzdanim termometrom. Postupak šifriranja izvještaja isti je kao i kod prethodnog slučaja.

b) Obrazac za meteo-izvještaj u *reduciranom obliku* po ključu FM 23.D SHRED namijenjen je brodovima trgovačke mornarice, koji su u smislu vršenja meteorološke službe, klasificirani kao pomoćni brodovi. Prikladan je i za svaki brod koji zbog manjeg broja posade nije sposoban da vrši kompletna meteorološka motrenja ili nije opremljen kvalitetnim i provjerenim instrumentima. Kao i pri lošem vremenu, kada barometar znatno varira pa se ne može tačno otčitati, ti brodovi normalno imaju samo aneroidni barometar i termometar. *Taj obrazac ima ovaj oblik:*

SHRED 99$L_aL_aL_a$ $Q_cL_oL_oL_oL_o$ YYGG$i_w$ Nddff VVwwW PP/TT
($D_sv_s$///) (3$P_wP_wH_wH_w$) ($d_wd_wP_wH_wH_w$) zatim slijedi riječ ICE popraćena $c_2$ KDire ili podaci o ledu u otvorenom tekstu.

Za razliku od prethodnih brodova koji izvještaje šalju makar u četiri glavna sinoptička termina, ti brodovi, ako je moguće, vrše meteorološka motrenja tako da se ona podudaraju sa 00.00, 06.00, 12.00 i 18.00 SGV. Zavisno od stanja posade, nadležni organi meteorološke službe mogu im odrediti i druge termine.

c) Obrazac za meteo-izvještaj u *obliku ključa* FM 26.D SPESH odnosi se na specijalne meteorološke brodske izvještaje koji se odnose na nagle promjene vremena između dva sinoptička izvještaja. *Taj obrazac ima ovaj oblik:*

SPESH $GGggw_2$ 99 $L_aL_aL_a$ $Q_cL_oL_oL_oL_o$ $YYGGi_w$ Nddff VVwwW $N_hC_LhC_MC_H$

Pored naznačenih instrumenata za vršenje meteoroloških motrenja svaki brod mora imati i potrebne priručnike i dokumentaciju, npr. Atlas oblaka, Brodski meteorološki dnevnik, Ključ za šifriranje i dešifriranje brodskih meteo-izvještaja (SHIP-ova), te razne pomoćne tablice.*

**176. Pregled značenja simbola po Ključu za šifriranje FM 21.D SHIP.** — Donja tablica pokazuje značenja simbola pojedinih grupa potpunog obrasca za sastavljanje izvještaja o površinskim meteorološkim motrenjima s brodova.

| GRUPA | SADRŽAJ GRUPE | SIMBOLI | ZNAČENJE SIMBOLA |
|---|---|---|---|
| SHIP | 99 $L_aL_aL_a$ | 99 | Stalna oznaka grupe. Označuje brodske izvještaje na bušenim karticama. |
| PREAMBOL | | $L_aL_aL_a$ | Geografska širina u stupnjevima i desetinkama stupnja. |
| | $Q_cL_oL_oL_oL_o$ | $Q_c$ | Kvadrant globusa u odnosu prema ekvatoru i početni meridijan. |
| | | $L_oL_oL_oL_o$ | Geografska dužina u stupnjevima i desetinkama stupnja. |
| I | $YYGGi_w$ | YY | Dan u mjesecu (od 01 do 31) po SGV. |
| | | GG | SGV motrenja (otčitavanje barometra) u punim satima. |
| | | $i_w$ | Objašnjava način dobivanja podataka o brzini vjetra. |
| II | Nddff | N | Ukupna količina naoblake po posebnoj skali |
| | | dd | Smjer vjetra po ruži vjetrova u deseticama stupnjeva od 00 do 36. |
| | | ff | Brzina vjetra u čv, po posebnoj skali. |
| III | VVwwW | VV | Horizontalna vidljivost u km, po posebnoj skali |
| | | ww | Sadašnje vrijeme, tj. vremenske prilike za vrijeme motrenja, po specijalnoj skali. |
| | | W | Prošlo vrijeme, tj. vremenske prilike do prethodnog motrenja (šest sati), po posebnoj skali. |
| IV | PPPTT | PPP | Atmosferski tlak na razini mora u mb i desetinkama mb (bez stotina i tisuća). |
| | | TT | Vrijednost izmjerene temperature zraka u cijelim stupnjevima. Desetinke °C daju se pod $t_T$ u XI grupi, ako je to potrebno. Negativnim temperaturama dodaje se 50. |
| V | $N_hC_LhC_MC_H$ | $N_h$ | Količina niskih oblaka kojih je visina naznačena pod h. |
| | | $C_L$ | Vrsta niskih oblaka, po posebnoj skali. |
| | | h | Visina oblaka $C_L$ ili $C_M$ u m, po posebnoj skali |
| | | $C_M$ | Vrsta srednjih oblaka, po posebnoj skali. |
| | | $C_H$ | Vrsta visokih oblaka, po posebnoj skali. |
| VI | $D_sv_sapp$ | $D_s$ | Kurs broda, po posebnoj skali. |
| | | $v_s$ | Srednja brzina broda u čvorovima, po posebnoj skali. |
| | | a | Karakteristika barometarske tendencije (±). |
| | | pp | Vrijednost barometarske tendencije u mb i desetinkama dijelova mb. |
| VII | (7 RRjj) | 7 | Indikacijska brojka sedme grupe. |
| | | RR | Količina oborina u mm. |
| | | jj | Minimalna ili maksimalna temperatura. |
| VIII | (8 $N_sCh_sh_s$) | 8 | Indikacijska brojka osme grupe. |
| | | $N_s$ | Količina najvažnijeg sloja oblaka u osminama |
| | | C | Vrsta najvažnijeg sloja oblaka. |
| | | $h_sh_s$ | Visina najvažnijeg sloja oblaka u m. |
| IX | (9 $S_pS_p$ $s_ps_p$) | | Izvještaj o bilo kojoj specijalnoj, pojavi, ako postoji. |
| X | $(OT_sT_sT_dT_d)$ | 0 | Oznaka grupe. |
| | | $T_sT_s$ | Razlika između temperature zraka i temperature mora na tačnost 0,1°C, po posebnoj skali. |
| | | $T_dT_d$ | Temperatura rosišta na tačnost 0,1°C, po posebnoj skali. |

* Upute za popunjavanje BMD štampane su u samom Dnevniku

| GRUPA | SADRŽAJ GRUPE | SIMBOLI | ZNAČENJE SIMBOLA |
|---|---|---|---|
| XI | $(1T_wT_wT_wt_T)$ | 1 | Oznaka grupe za temperaturu mora. |
| | | $T_wT_wT_w$ | Temperatura mora na tačnost desetinke °C. Za negativnu temperaturu dodaje se 500. |
| | | $t_T$ | Desetinke temperature zraka date u grupi IV. |
| XII | $(2I_sE_sE_sR_s)$ | 2 | Oznaka grupe za podatke o ledu. |
| | | $I_s$ | Uzrok nakupljanja leda. |
| | | $E_sE_s$ | Debljina nakupljanja leda u cm. |
| | | $R_s$ | Brzina nakupljanja leda u cm. |
| XIII | $(3P_wP_wH_wH_w)$ | 3 | Oznaka grupe za vjetrovne valove |
| | | $P_wP_w$ | Period vjetrovnih valova u sekundama, po posebnoj skali. |
| | | $H_wH_w$ | Visina vjetrovnih valova, po posebnoj skali. |
| XIV | $(d_wd_wP_wH_wH_w)$ | $d_wd_w$ | Pravac dolazećih valova mrtvog mora po specijalnoj skali, kao i u I grupi. |
| | | $P_w$ | Period valova mrtvog mora, po specijalnoj skali. |
| | | $H_wH_w$ | Visina valova mrtvog mora, po posebnoj skali (kao i vjetrovnih valova). |
| XV | (ICE — $c_2KD_ire$) (Može i otvoren tekst na engleskom) | ICE | Oznaka grupe za led. |
| | | $c_2$ | Vrsta leda, po posebnoj skali. |
| | | K | Utjecaj leda na plovidbu, po posebnoj skali. |
| | | $D_i$ | Smjer u kojem se nalazi (vidi) rub leda, po posebnoj skali. |
| | | r | Udaljenost do ruba leda, po posebnoj skali. |
| | | e | Smjer prostiranja ruba leda, po posebnoj skali. |

Brodski meteorološki izvještaj koji se na brodu prima u vremenskom biltenu (dio V.) treba dešifrirati po Ključu FM 21. D SHIP prije ucrtavanja na vremensku kartu.

Primjer šifriranog izvještaja

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SHIP | 99404 | 70602 | 02120 | 41614 | 94105 | 14516 | 30602 |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |



Dešifriranje

| GRUPA | SIMBOL | ŠIFRA | ZNAČENJE |
|---|---|---|---|
| (1) | — | 99 | oznaka prve grupe izvještaja geo- |
| | $L_aL_aL_a$ | 404 | grafska širina 40,4°N |
| (2) | $Q_c$ | 7 | kvadrant globusa, N-hemisfera, 0°—180°W |
| | $L_oL_oL_oL_o$ | 0602 | geografska dužina 60,2°W |
| (3) | YY | 02 | 2. dan u mjesecu |
| | GG | 12 | 12 sati po SGV |
| | $i_w$ | 0 | brzina vjetra procjenjena u m/s |
| (4) | N | 4 | naoblaka 4/8 |
| | dd | 16 | smjer vjetra 160° |
| | ff | 14 | brzina vjetra 14 čv |
| (5) | VV | 94 | vidljivost 1 km |
| | ww | 10 | sadašnje vrijeme, sumaglica |
| | W | 5 | prošlo vrijeme, rosulja |
| (6) | PPP | 145 | tlak zraka 1014,5 mb |
| | TT | 16 | temperatura zraka 16°C |
| (7) | — | 3 | oznaka grupe za podatke o valovima |
| | $P_wP_w$ | 06 | period vala 6s |
| | $H_wH_w$ | 02 | visina vala 1 m |

Primjer. Na zbrojenoj poziciji $\varphi$ = 53° 14′N (53,2°N) i $\lambda$ = 42°40′ w (043,7°W), 28. dana u mjesecu u 18.00 SGV* s broda motreni su ovi elementi:

Oblačnost 5/8; vjetar procijenjen iz smjera 170°, brzina vjetra 23 čv (Nddff).

Vidljivost 20 km; stanje neba u toku posljednjeg sata nepromijenjeno; u prošlom periodu oblaci su pokrivali polovinu neba (VVwwW).

Tlak 1016,3 mb; temperatura zraka + 12,3°C (PPPTT).

Oblaci: 3/8 Cu umjerenog vertikalnog razvoja; visina baze 900 m; zatim Ac cumulogenitus i Ci uncinus $(N_hC_LhC_MC_H)$.

Pravi kurs broda 260°; brzina broda 18 čv; bar. tendencija: tlak zraka pada pravilno 1,6 mb za posljednja tri sata $(D_sv_sapp)$.

Temperatura rosišta + 12,0°C $(OT_sT_sT_dT_d)$

Temperatura mora 14,1°C $(1T_wT_wT_wt_T)$

Vjetrovni valovi: period 5s; visina 3 m $(3P_wP_wH_wH_w)$.

Valovi mrtvog mora: smjer 190°; period 10s; visina 3,5 m $(d_wd_wP_wH_wH_w)$.

* SGV = srednje griničko vrijeme (GMT).

Šifriranje *(Ključ FM 21. D SHIP)*

| SHIP | $99\ L_a\ L_a\ L_a$ | $Q_c\ L_o\ L_o\ L_o\ L_o$ | $YY\ GG\ i_w$ |
|---|---|---|---|
| | 99 5 3 2 | 7 0 4 2 7 | 28 18 3 |

| N dd ff | VV ww W | PPP TT | $N_h\ C_L\ h\ C_M\ C_H$ | $D_s\ v_s\ a\ pp$ |
|---|---|---|---|---|
| 5 17 23 | 98 02 1 | 163 12 | 3 2 5 6 2 | 6 4 7 16 |

| $0\ T_sT_s\ T_dT_d$ | $1\ T_wT_wT_w\ t_T$ | $3\ P_wP_w\ H_wH_w$ | $d_wd_w\ P_w\ H_wH_w$ |
|---|---|---|---|
| 0 54 12 | 1 141 3 | 3 05 06 | 19 0 07 |

Tako šifrirani podaci motrenja predaju se radio-telegrafistu, koji ih u što kraćem vremenu emitira najbližoj obalnoj radio-stanici kao OBS METEO-izvještaj.

Radi se na organizaciji jednog novog vida međunarodne meteorološke suradnje sa ciljem osiguranja redovnog motrenja, dostavljanja i obrade meteoroloških podataka. Taj svjetski sistem sastavljen od nacionalnih meteoroloških službi u okviru Svjetske meteorološke organizacije (WMO) dobio je naziv *WWW* **(World Weather Watch** *plan* = Svjetsko meteorološko bdijenje). Tim planom će se rukovoditi iz svjetskih regionalnih i nacionalnih meteoroloških centara (Washington, Moskva, Melbourne).

## PITANJA

1. Što su to meteorološka motrenja, gdje i kako se vrše?
2. Koja se meteorološka motrenja nazivaju vizuelnim i u čemu je njihov nedostatak?
3. Što je to meteorološka stanica i kakvih meteoroloških stanica imamo?
4. U koje se termine vrše glavna i međuterminska motrenja, u koje klimatološka motrenja, a u koje motrenja na brodovima?
5. Kakvih ima brodova u pogledu sadržaja motrenja i koje meteorološke elemente su oni obavezni da motre?
6. Što je to Brodski meteorološki dnevnik, koje rubrike sadrži i kako se popunjava?
7. Što je to OBS METEO-izvještaj, kakav je njegov sadržaj i kako se odašilje?
8. Koje meteorološke instrumente mora imati brod da bi mogao vršiti obavezna motrenja u vožnji?
9. Kako se dijele meteorološki instrumenti s obzirom na njihovu konstrukciju i koje su njihove karakteristike?
10. Što su to instrumenti autografi (pisači), koje glavne dijelove ima svaki autograf i koja je njihova uloga?



11. Koji je dio zajednički svim autografima?
12. U koje vrijeme i na koji se način zamjenjuje vrpca autografa?
13. Koje su prednosti a koji nedostaci autografa prema osnovnim instrumentima?
14. Koje su važnije greške kod meteoroloških instrumenata, zašto nastaju i kako se otklanjaju?
15. Koje su korekcije aneroidnog barometra i barografa?
16. Što je to meteorološki zaklon, čemu služi i gdje se on postavlja na brodu?
17. Kojim se instrumentima mjeri temperatura i na kojem principu se oni temelje?
18. Što treba imati na umu pri mjerenju temperature?
19. Opišite i objasnite princip funkcioniranja, svrhu i upotrebu:
    a) običnog termometra, b) maksimalno-minimalnog termometra, c) maksimalnog termometra, d) minimalnog termometra, e) termografa, f) termometra za more.
20. Kojim se instrumentima mjeri vlažnost zraka i na kojem općem principu oni funkcioniraju?
21. Opišite i objasnite princip rada, svrhu i upotrebu:
    a) Augustova psikrometra, b) Assmannova psikrometra, c) obrtnog psikrometra d) higrometra, e) polimetra, f) higrografa.
22. Kojim se instrumentima mjeri atmosferski tlak i na kojem se principu oni temelje?
23. Čime je izražena vrijednost atmosferskog tlaka izmjerena barometrom na živu, a čime aneroidom odnosno barografom?
24. Opišite i objasnite način funkcioniranja, svrhu i upotrebu:
    a) barometra na živu, b) aneroidnog barometra, c) barografa.
25. Koji je od navedenih instrumenata pod t. 24. osjetljiviji a koji tačniji i zašto?
26. Koji se od navedenih instrumenata pod t. 24. upotrebljava na trgovačkim brodovima i zašto?
27. Može li se konstruirati barometar s vodom i kolika bi bila visina vode na razini mora pri normalnom atmosferskom tlaku?
28. Kako se određuju smjer i brzina vjetra na brodu u vožnji, a kako na kopnenoj stanici?
29. Kako se dobivaju elementi pravoga vjetra na brodu u vožnji?
30. Objasnite upotrebu Beaufortove skale.
31. Opišite i objasnite princip funkcioniranja, svrhu i upotrebu:
    a) ručnog anemometra, b) anemografa?
32. Što se razumijeva pod vidljivošću i od čega ona zavisi na moru?
33. Kakva je važnost vidljivosti za sigurnost navigacije?
34. Kako se procjenjuje vidljivost na brodu u vožnji?
35. Kako se obilježava naoblaka po vrsti oblaka i količini?
36. Na koje se načine određuje visina oblaka uopće, a posebno na brodu?
37. Kojim se instrumentima mjeri količina oborina na kopnenoj stanici?
38. Zašto se obični kišomjer ne može upotrijebiti na brodu u vožnji?
39. Opišite i objasnite princip funkcioniranja, svrhu i način upotrebe:
    a) običnog kišomjera, b) brodskog kišomjera, c) ombrografa, d) snjegomjera.
40. Opišite i objasnite princip funkcioniranja, svrhu i način upotrebe:
    a) Wildova evaporimetra, b) evaporigrafa.
41. Što je to brodska meteorološka centrala i kako funkcionira?
42. Kakve su obaveze brodova koji vrše meteorološka motrenja?
43. Objasnite vrstu Ključa za šifriranje (dešifriranje) meteoroloških izvještaja koje šalju brodovi?
44. Objasnite vrstu Ključa za šifriranje (dešifriranje) meteoroloških izvještaja koje šalju kopnene stanice?
45. Dešifrirajte slijedeći izvještaj kopnene stanice koji je primljen kao šesti dio vremenskog biltena:

| IIiii | Nddff | VVwwW | PPPTT | IIiii | Nddff | VVwwW | PPPTT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 03804 | 82629 | 74022 | 29109 | 72304 | 83610 | 69022 | 23751 |
| 03953 | 82529 | 66022 | 24811 | 72503 | 33411 | 66030 | 24459 |
| 03980 | 82734 | 66616 | 04608 | 72506 | 63618 | 74021 | 19655 |
| 04030 | 70320 | 82012 | 02752 | 72600 | 80215 | 16792 | 99652 |
| 04390 | 03026 | 80010 | 16758 | 72601 | 93630 | 12717 | 08764 |
| 06011 | 936615 | 93736 | 82150 | | | | |
| 07314 | 83012 | 7200 | 37008 | 72709 | 80239 | 48382 | 10862 |
| 08023 | 60000 | 94101 | 39608 | 72800 | 91828 | 02515 | 08105 |
| 08503 | 31417 | 81012 | 38514 | 72806 | 80223 | 08797 | 14358 |
| 08515 | 70519 | 70028 | 37213 | 72814 | 80216 | 66020 | 20466 |
| 08538 | 00806 | 80000 | 29010 | | | | |

46. Dešifrirajte slijedeći brodski izvještaj koji je primljen kao peti dio vremenskog biltena:

| $99L_aL_aL_a$ | $Q_cL_oL_oL_oL_o$ | $YYGGi_w$ | Nddff | VVwwW | PPPTT | $3P_wP_w$ $H_wH_w$ | $d_wd_wP_w$ $H_wH_w$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 99636 | 70132 | 12060 | 30330 | 97858 | 96001 | | |
| 99605 | 70368 | 12060 | 82936 | 97022 | 07501 | | |
| 99604 | 70267 | 12060 | 82935 | 97022 | 05401 | 31103 | |
| 99591 | 70038 | 12060 | 72752 | 96626 | 75306 | 31616 | |
| 99590 | 70189 | 12060 | 82946 | 96028 | 01804 | 31319 | |
| 99583 | 70044 | 12060 | 72945 | 97012 | 71306 | 3//// | |
| 99563 | 70510 | 12060 | 83205 | 68022 | 27454 | 30503 | |
| 99565 | 10030 | 12060 | 82848 | 96816 | 83607 | 31109 | |
| 99554 | 10069 | 12060 | 82545 | 97616 | 86008 | 30811 | |
| 99547 | 70192 | 12060 | 83037 | 96656 | 14009 | 3//// | |
| 99528 | 70355 | 12060 | 82328 | 56514 | 23809 | 30909 | |
| 99523 | 70199 | 12060 | 72640 | 65012 | 30611 | 30812 | 28101 |
| 99498 | 70119 | 12060 | 82723 | 98022 | 33011 | 30502 | 27805 |
| 99481 | 70067 | 12060 | 82722 | 98022 | 34512 | 30704 | |
| 99459 | 70073 | 12060 | 83112 | 98006 | 40910 | 30501 | 31004 |
| 99449 | 70162 | 12060 | 83612 | 80021 | 43510 | 30501 | 33902 |
| 99440 | 70410 | 12060 | 21819 | 69021 | 33614 | 30602 | |
| 99435 | 70232 | 12060 | 80710 | 98021 | 44213 | 30702 | 99/// |
| 99424 | 70635 | 12060 | 83630 | 94702 | 04555 | 3//08 | |
| 99417 | 70526 | 12060 | 21635 | 98011 | 09518 | 30908 | |
| 99395 | 70119 | 12060 | 00318 | 98020 | 33913 | | |
| 99373 | 70558 | 12060 | 71645 | 98168 | 05420 | 31616 | |
| 99372 | 70670 | 12060 | 83473 | 97022 | 10807 | 31109 | |
| 99359 | 70403 | 12060 | 40918 | 98021 | 30716 | 30605 | |
| 99353 | 70129 | 12060 | 00317 | 99020 | 29515 | 31004 | 03005 |
| 99350 | 70480 | 12060 | 41420 | 69020 | 23818 | 30806 | |
| 99335 | 70615 | 12060 | 72914 | 98022 | 05817 | | |
| 99280 | 70748 | 12060 | 23630 | 98021 | 19619 | 30705 | |
| 99261 | 70403 | 12060 | 01416 | 98000 | 21221 | 30603 | |
| 99261 | 70203 | 12060 | 80618 | 98022 | 22719 | 30501 | 05703 |



# IV. OSNOVE ANALIZE VREMENSKE KARTE I PROGNOZE

## 1. ZRAČNE MASE

177. **Općenito o zračnim masama.** — Zračna masa je golema količina zraka koja zauzima znatan prostor nad kopnenom ili vodenom površinom. Ako se zrak nalazi duže vrijeme nad jednovrsnom podlogom kopna ili mora, on postepeno dobiva fizičke osobine koje su karakteristične za klimatske uvjete dotične sredine. O fizičkim osobinama neke zračne mase ovisit će temperatura, vlažnost, magla, vidljivost, vjetar, naoblaka, oborine itd. Različite podloge imaju različita svojstva u smislu zagrijavanja i hlađenja zraka nad sobom. Što je podloga jednovrsnija, to i zrak nad njom s vremenom dobiva više jedinstvene karakteristike. *Takav relativno jednovrstan zrak, koji obično pokriva velika područja kontinenta ili oceana, naziva se zračna masa. Rajoni u kojima nastaju zračne mase nazivaju se izvorni rajoni.** To su uglavnom rajoni s jednoličnom površinskom temperaturom i relativno slabim vjetrovima. Takvi uvjeti ispunjeni su na tropskim morima, u pustinjskim krajevima i u predjelima stalno pod snijegom i ledom (polarne oblasti). Umjerene geografske širine ne mogu se smatrati kao stvarni izvorni rajoni gdje se mogu formirati jednolike zračne mase. Razlog su tome raznolikost terena i nagle temperaturne promjene. Tri su osnovna tipa izvornih rajona: voda, kopno, snijeg ili led.

Debljina sloja zračne mase nije stalna. Može varirati od nekoliko stotina metara do nekoliko kilometara. Često one zauzimaju čitavu troposferu od Zemljine površine do njene gornje granice, ali u najviše slučajeva do tropopauze. Zračne mase kreću se iz jednog područja u drugo i na taj način utječu na promjene vremena i na razvitak atmosferskih procesa. *Kada se zračna masa kreće preko površine čije su karakteristike drugačije od karakteristika područja gdje je ona formirana, njene se osnovne fizičke osobine, zbog dodira ili zračenja podloge, postepeno mijenjaju, i to odozdo prema gore.* Zadrži li se zračna masa duže vrijeme nad jednovrsnom podlogom, npr. nad morem ili kopnom, u tropskim ili polarnim predjelima, ona će poprimati osobine karakteristične za dotični rajon.

Dakle, *osnovne fizičke osobine zračne mase u datom trenutku ne ovise samo o mjestu izvora već i o utjecajima kojima je ta zračna masa podložna u toku svog kretanja. To znači, zračne mase ne zadržavaju uvijek iste osobine,*

* Zračne mase se u vremenskim biltenima ne navode, ali se u njegovom četvrtom dijelu navode frontovi (granice zračnih masa).

*već se mijenjaju ili trasformiraju.* One imaju jedne fizičke osobine u svojim izvornim rajonima, a izmijenjene u rajonima daleko od tih područja. Transformacija zračnih masa neprekidan je proces, pa je teško naznačiti trenutak kada je možemo smatrati završenom. Najbolje je u tom pogledu transformaciju zračne mase smatrati završenom onda kada ona dobije osobine karakteristične za neku stanovitu oblast, odnosno kad je zračna masa okarakterizirana prema toj oblasti za odgovarajuće godišnje doba.

Možemo kazati da se *vrijeme »premješta« u prostoru zajedno sa zračnim masama, tj. da zračne mase nose vrijeme.* Zbog toga poznavanje uzroka i načina formiranja zračnih masa, poznavanje njihova kretanja i transformiranja veoma je važan zadatak sinoptičke meteorologije i osnova analize i prognoze vremena.

*Zračne mase mogu se p o d i j e l i t i prema njihovu termičkom stanju i po geografskom obilježju.*

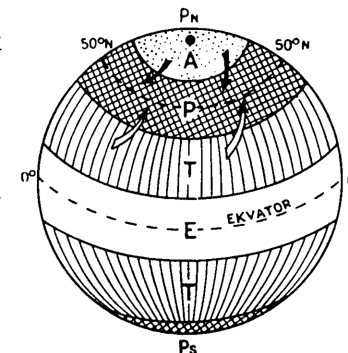
U zavisnosti od t e r m i č k o g s t a n j a, usvojena je podjela zračnih masa na *tople* i *hladne.*

T o p l a z r a č n a m a s a je ona kojoj je temperatura donjih slojeva veća od temperature podloge. Nasuprot, hladna zračna masa ima temperaturu tih slojeva nižu od temperature svoje podloge. Tako npr. zračna masa, formirana nad oceanom u umjerenim geografskim širinama, za kontinent ljeti predstavlja hladnu zračnu masu, a zimi toplu. Topla zračna masa hladi se od podloge, a hladna se zagrijava. Načelno potječe iz suptropskih rajona ili toplih kontinenata. U svom izvornom rajonu očituje se kao zračna masa sa stabilnom ravnotežom (t. 23) i relativno visokom temperaturom. Njena vlažnost, koja ovisi o prirodi tla nad kojim je stekla svoje fizičke osobine, relativno je visoka ako se formirala iznad morske površine. Na putu prema nižim geografskim širinama, njeni donji slojevi dolaze u dodir s podlogom rajona s nižom temperaturom, ona se hladi odozdo, njena ravnoteža postaje još stabilnija i u njoj nema konventivnog strujanja. Zbog toga vjetrovi pušu ravnomjerno, naoblaka je pretežno slojevita, a oborine koje mogu nastati trajnog su karaktera i popraćene slabim i rijetkim električnim pojavama (t. 82—85). Posljedica je nepostojanja konventivnog strujanja zraka njegova slabija providnost u nižim slojevima. Magle koje se u njima formiraju u većini su slučajeva trajne i znatne debljine.

H l a d n a z r a č n a m a s a potječe iz polarnih zona ili s hladnih kontinenata, gdje se ističe s naročito stabilnom ravnotežom, s niskom vlažnošću i s veoma niskom temperaturom. Krećući se prema nižim širinama, njeni donji slojevi zbog veće temperature podloge počinju se zagrijavati i ona postaje nestabilna. Posljedica je toga postanak konventivnog strujanja zraka, i zbog toga vjetar puše neravnomjerno. Ta strujanja, kada zrak sadrži dovoljno vlage, izazivaju jaku naoblaku vertikalnog razvitka koja daje pljuskovite oborine (snijeg, tuču ili kišu) popraćene čestim ili jakim električnim pojavama. Zbog nastalih konvektivnih strujanja, koja vodenu paru iz nižih slojeva prenose visinama, hladan zrak obično ima izvrsnu prozirnost, pa je i vidljivost veoma dobra. Eventualne magle u prizemnim slojevima, za vrijeme tišine, imaju karakter radijacijske magle (t. 58).

U zavisnosti od g e o g r a f s k e š i r i n e (karaktera podloge) formiranja zračne mase, usvojena je glavna podjela zračnih masa na (sl. 68): *arktičke* (A), *polarne* (P), *tropske (suptropske)* (T) i *ekvatorijalne zračne mase* (E). Svaka od






*Sl. 68. Geografska podjela zračnih masa*
A — arktički zrak, P — polarni zrak, T — tropski zrak, E — ekvatorijalni zrak

tih glavnih zračnih masa, zavisno od svog porijekla, može biti *morska* ili *kontinentalna.* Također se zračna masa može pobliže označiti užim geografskim rajonom formiranja, npr. *sibirska, sredozemna* i sl. Takva klasifikacija je ujedno i pokazatelj toplotna stanja i vlažnosti dotične zračne mase.

Zračne mase mogu se označavati i sa skraćenicama (sl. 69. i 70):

| | |
|---|---|
| Morski arktički zrak | MAZ ili mA |
| Kontinentalni arktički zrak | KAZ ili kA |
| Morski polarni zrak | MPZ ili mP |
| Kontinentalni polarni zrak | KPZ ili kP |
| Morski tropski zrak | MTZ ili mT |
| Kontinentalni tropski zrak | KTZ ili kT |
| Ekvatorijalni zrak | EZ ili E |

Ako se želi tačnije definirati tipove zračnih masa, nužna je njihova daljnja podjela na *polarno-arktičke* i *polarno-tropske* koje također mogu biti morske ili kontinentalne. *U našim predjelima uglavnom dolazi do sukobljavanja polarnog i tropskog zraka.*

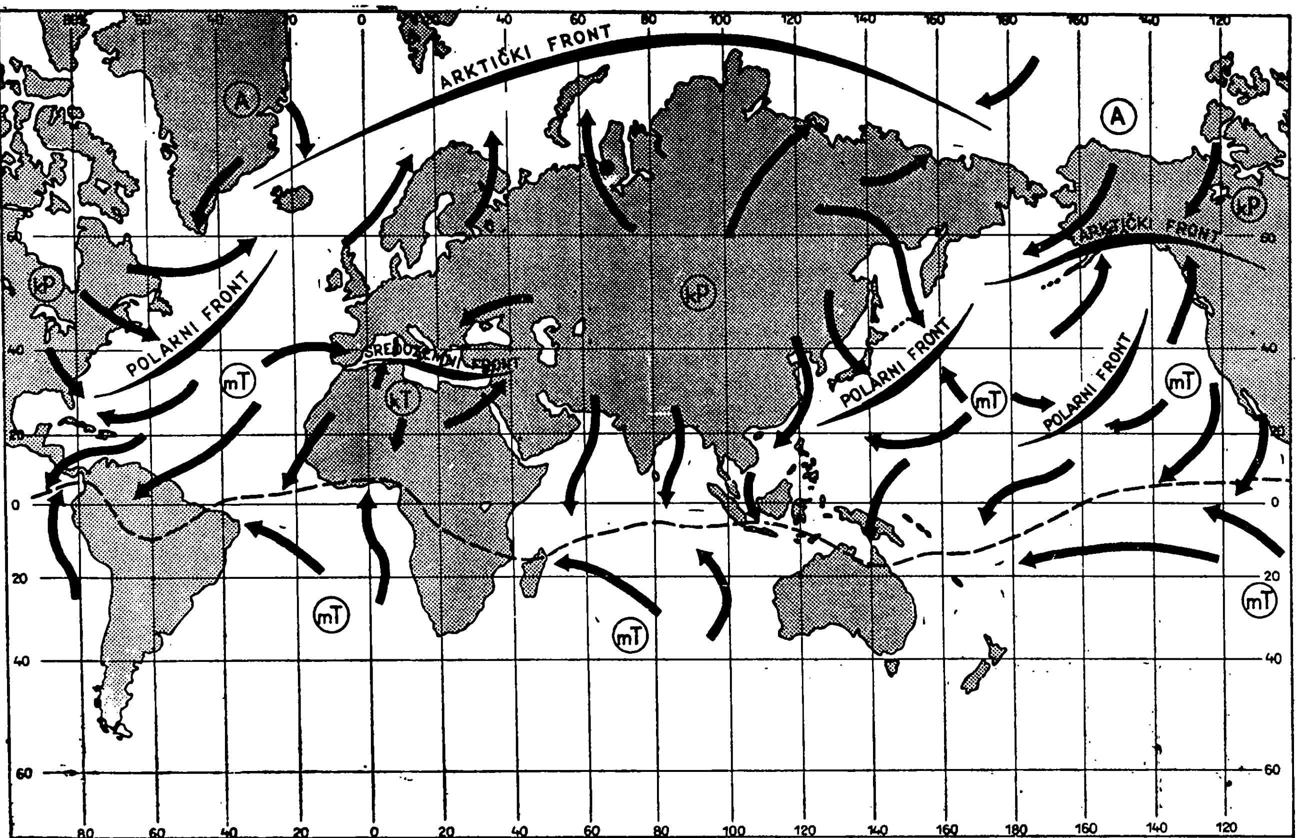
**178. Arktički zrak.** — Potječe iz polarnih predjela pokrivenih snijegom i ledom. Ima slična svojstva kao i polarni zrak, ali je hladniji.

*Morski arktički zrak (mA)* dolazi s područja Grenlanda kada nad tim područjem stacionira anticiklon koji se prostire sve do Srednje Evrope. Njegova je temperatura niska, apsolutna vlaga mala, ali relativna vlaga velika zbog niske temperature. To je stabilan zrak sa dobrom vidljivosti, ako je bez magle. Stiže u Evropu preko Skandinavije i to s relativno jakim vjetrom. Na svom putu niži slojevi zraka se zagrijavaju i sve više vlaže pa zrak postaje nestabilan (ima jaki vertikalni termički gradijent). Zbog toga u njemu se javljaju uzlazna konvektivna strujanja s impozantnim oblacima kumulusne forme (Cu, Cb, Ac, Ci sa nakovnjem), kiša ili snijeg karaktera pljuska, a ponekad i oluja. Pri dužem zadržavanju iznad kontinenta nestaju oblaci i oborine.

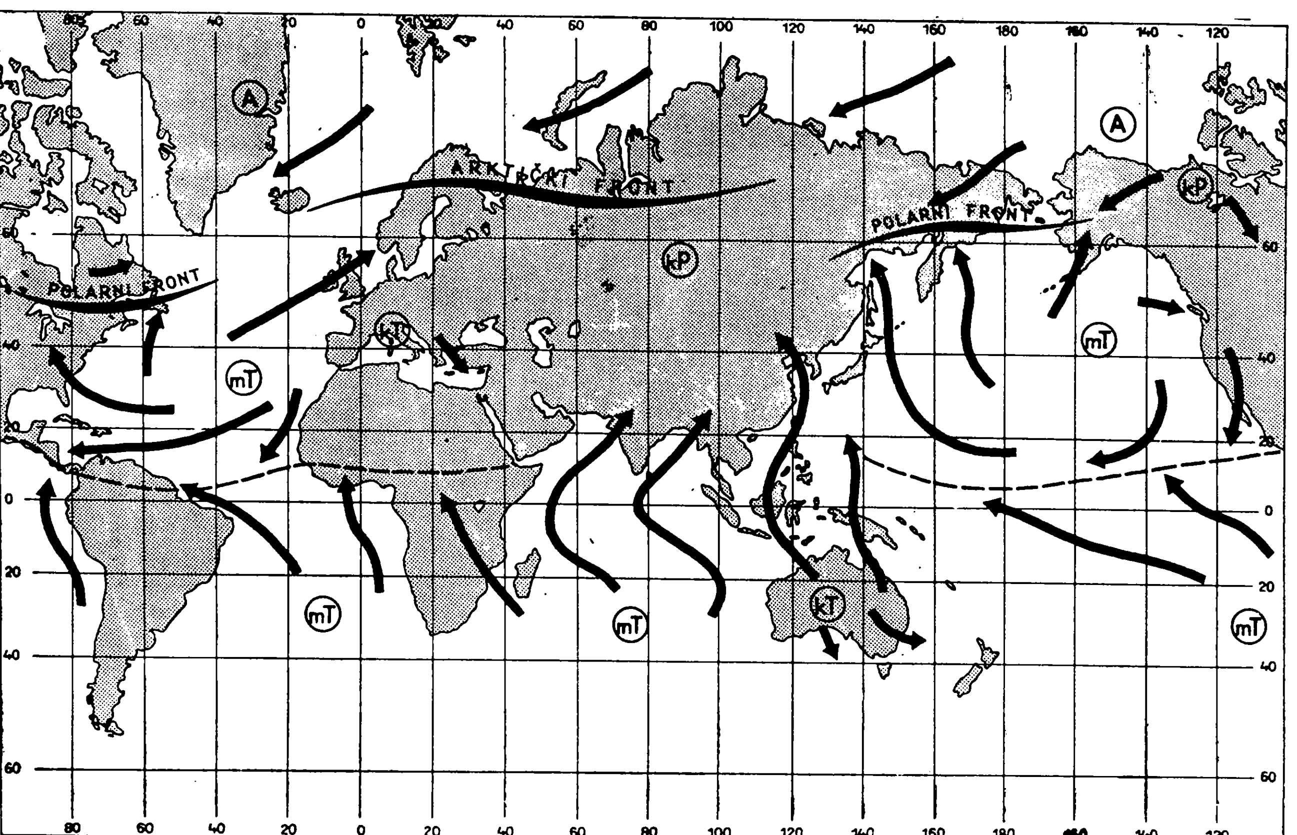
*Kontinentalni arktički zrak* (kA) dolazi sa sjevernih područja SSSR-a i odnosnih rubnih mora ili Finske kada nad njima stacionira anticiklon. Taj zrak je suh, hladan i stabilan. Pod utjecajem anticiklonske cirkulacije, vjetrovima iz NE kvadranta upućuje se prema nižim širinama (Srednjoj Evropi, a u sjevernom Jadranu se osjeća kao olujna bura). Na tom putu u toplijem dijelu godine gubi nešto od svoje hladnoće, a u slučaju stabilizacije (u proljeće i jesen) nad kontinentom mogu se javiti i radijacijske magle. Oborine su slabe, a ako i postoje, to je lagano sniježenje. Vidljivost je jako dobra ako je bez magle.

**179. Polarni zrak.** — Potječe iz visokih geografskih širina umjerenog pojasa, ali ne i iz polarnih.

*Kontinentalni polarni zrak (kP)* potječe iz sjevernih krajeva Azije, Evrope i Kanade, najčešće formiran u kontinentalnom anticiklonu. Takav je slučaj po-




Sl. 69. *Glavni izvorni rajoni zračnih masa, staze zračnih masa i srednji položaji hemisferskih frontova u siječnju i veljači*




Sl. 70. *Glavni izvorni rajoni zračnih masa, staze zračnih masa i srednji položaji hemisferskih frontova u srpnju i kolovozu*

sebno zimi, kada se anticiklon nalazi iznad Sibira i prostire se do Srednje Evrope. Ne razlikuje se mnogo od kontinentalno-arktičkog zraka. U nižim slojevima zrak ima jako niske temperature pa se javljaju i inverzije. Ima malu apsolutnu vlažnost, ali mu je relativna vlažnost velika. Vidljivost je smanjena (10 do 20 km) zbog sumaglice u inverznim slojevima zraka i prisutnosti kontinentalne prašine. Danju se javljaju kumulusni i slojeviti oblaci, a noću dolazi do razvedravanja. U unutrašnjosti kontinenta može se javiti magla i susnježica. Iznad hladnih (ledenih) mora uzrokuje oblačne formacije popraćene hladnom sipućom kišom ili gustom maglom. Pri prolazu iznad toplijih mora uzrokuje uzlazna strujanja i vrijeme se vedri.

Ljeti, zbog jačeg zagrijavanja kopna pojas kontinentalno-polarnog zraka znatno je ograničen.

*Morski polarni zrak (mP)* najčešće postaje od kontinentalnog polarnog zraka. U Evropu dolazi sa W i NW vjetrovima. Prolazeći preko Atlantika (između Islanda i V. Britanije), kP zrak postaje topliji i vlažniji pa se postepeno pretvara u mP zrak. Stvara se labilna ravnoteža sa gomilastim oblacima koji zimi Zapadnoj Evropi donose pljuskovite oborine, a Srednjoj Evropi povišenje prizemne temperature. Ljeti, naprotiv, donosi nestalno vrijeme, hladno i kišovito. U prelaznim godišnjim dobima u Srednjoj Evropi izaziva promjenljivo vrijeme. Vidljivost je općenito dobra (20 do 50 km).

Ako se morski polarni zrak duže zadrži nad Atlantikom, u Evropu dolazi kao stabilna zračna masa pa su njegove karakteristike slične morskom tropskom zraku.

*Polarno-arktički morski zrak* koji potječe iz Atlantika dotječe u naše krajeve jakim vjetrovima iz NW (maestral), ponekad iz NE (bura), kada zapadno od Velike Britanije neko vrijeme stacionira anticiklon. Ima znatnu visinu s istaknutim vertikalnim termičkim gradijentom i prilično je vlažan. Postojeći oblaci (Cu, Cb, Sc, As, Ci) potječu od labilne zračne mase, vrijeme je promjenljivo, s kišom i vedrinama koje se brzo izmjenjuju. Vidljivost je obično dobra ili izvrsna.

*Polarno-arktički kontinentalni zrak* koji potječe iz rajona SSSR-a dotječe u naše krajeve s jakim vjetrovima iz NE (bura) kada nad SSSR-om stacionira anticiklon koji se proteže prema SE. Ta zračna masa obično ima malu visinu, prilično jak vertikalni termički gradijent i umjerenu vlažnost. Naoblaka je tanka i prilično slaba (Cu lijepog vremena, Sc), a oborine su beznačajne.

*Polarno-tropski morski zrak* do nas dolazi kada zapadno ili jugozapadno od V. Britanije postoji anticiklon. Ta zračna masa može se promatrati kao polarno-arktički morski zrak transformiran zbog zadržavanja u ovoj anticiklonalnoj zoni. Do nas stiže s vjetrovima iz NW ili W, praćena obično slojevitim oblacima (Sc). Oborine su lagane i trajne. Vidljivost je osrednja (10 km), a magla učestala.

*Polarno-tropski kontinentalni zrak* do nas dolazi s vjetrovima iz S ili E, kada nad južnim dijelom SSSR-a ili Balkana postoji anticiklon. Ima visok vertikalni termički gradijent (zbog kojeg je nestabilnost naročito istaknuta) i visoku relativnu vlažnost. Postojeća naoblaka obično je konvektivna karaktera (Cu lijepog vremena i impozantnog oblika kule, Ac i Ci), a oborine su povremene i lokalnog karaktera. Vidljivost je obično osrednja ili slaba (1—10 km).

**180. Tropski zrak.** — Potječe iz suptropskih predjela, između $35^0$ i $15^0$ geografske širine, zavisno od položaja suptropskih anticiklona.

*Morski tropski zrak (mT)* formira se u suptropskom pojasu oceana. U Evropu dolazi s vjetrovima iz SW i W kada nad Atlantskim oceanom stacionira azorski anticiklon, a nad Sjevernom i Srednjom Evropom jedna ili više depresija. Taj zrak ima niski vertikalni termički gradijent, ali jednovremeno veliku vlažnost, relativno visoku temperaturu i stabilnost koja u toku kretanja postaje sve veća. Naoblaka ima slojeviti karakter (St, As, Sc i Ns), a mogu se javiti oborine u vidu sipuće ili lagane kiše. Vidljivost je osrednja ili slaba (ispod 10 km) i često je zbog magle ograničena. Može se formirati i nad Sredozemnim morem, ali slojeviti oblaci i magla tada nestaju zbog nizlaznih konvektivnih strujanja zraka.



Kad se morski tropski zrak, kao suh vjetar (naročito ljeti), udalji prema višim geografskim širinama (do sjevernih dijelova) oceana, nailazi na hladnije vodene površine i često stvara magle. Ako se kao pasatni vjetar približi ekvatoru njegova se temperatura i vlažnost povećavaju, konvekcija raste i oluje su sve češće. Morski tropski zrak koji stigne do obale sukobljava se sa zračnim strujama različite temperature i prouzrokuje magle ili jake oborine.

*Kontinentalni tropski zrak (kT)* javlja se iz anticiklona koji leže u suptropskim kopnenim predjelima. Stiže u naše područje s vjetrovima iz S ili SE (široko), kada nad pustinjama sjeverne Afrike i ekstremnim krajevima istočnog Sredozemlja ili na južnim predjelima SSSR-a i Balkana postoji anticiklonsko strujanje. Ti vjetrovi često dostižu znatnu jačinu. Ta zračna masa je suha i topla, sadrži djeliće pustinjske prašine, ima nešto veći vertikalni termički gradijent, a nakon prijelaza preko Sredozemnog mora postaje znatno vlažna. Najčešći su Ac-oblaci, a ponekad se također opažaju i oblaci konvektivna karaktera zbog labilnosti zračne mase. Vidljivost je uglavnom ograničena.

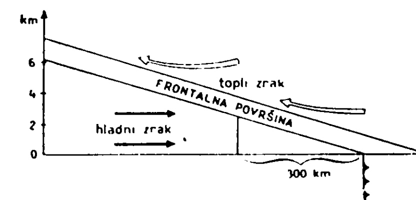
**181. Ekvatorijalni zrak.** — Potječe iz ekvatorijalnog pojasa niskog atmosferskog tlaka. Ima visoku temperaturu i veliku relativnu vlažnost. Pri prijelazu danju iznad pregrijanog kontinentalnog pojasa u njemu se razvijaju jaka konvektivna strujanja koja donose popodnevne oluje. Noću iznad mora izaziva nestabilnost. Taj zrak (nošen antipasatima), katkada dopire i do umjerenih širina, ali samo u visokim slojevima atmosfere. Prema aerološkim ispitivanjima, u Evropi može se naći u visokim slojevima ljetnih anticiklona suptropskog pojasa, i to iznad tropskog zraka.

## 2. FRONTOVI

**182. Općenito o frontovima.** — Različito zagrijavanje Zemljine površine i u vezi s tim nastala opća cirkulacija u atmosferi posljedica su formiranja frontova ili frontalnih zona. Zbog toga se *front smatra kao granica (razdvojna površina ili uska prijelazna zona) između dvije zračne mase različitih fizičkih osobina, koje se nalaze jedna uz drugu* (sl. 71). One se mogu smatrati frontalno odvojene s jednom razdvojnom ravninom.

***Front je karakterističan po naglim promjenama osnovnih meteoroloških elemenata*** (atmosferski tlak, temperatura, vlažnost, vjetar i dr.) pri prijelazu iz jedne zračne mase u drugu. Razmjeri frontova odgovaraju razmjerima zračnih masa. Front počinje od površine Zemlje i obično dolazi do tropopauze. Njegova širina iznosi nekoliko desetina kilometara.

Uzmemo li u obzir prostranost atmosferskih procesa, front (zonu fronta) možemo smatrati kao razdvojenu površinu između dvije zračne mase, od kojih




*Sl. 71. Front i frontalna površina*

se hladna zračna masa, kao gušća, uvlači ispod tople u obliku uskoga klina s oštrim kutom uz površinu Zemlje. Tangens priklonog kuta ($\alpha$) te ravnine iznosi približno 1/100. To znači da pri udaljenosti od crte fronta na 300 km unutar hladnog zraka visina te razdvojne površine od Zemlje iznosit će oko 3 km. Kut naklona te površine zavisi i od međusobne razlike temperature i brzine strujanja tople i hladne zračne mase. S povećanjem razlike temperature kut naklona se smanjuje, a s povećanjem razlike u brzini strujanja on raste. Pored toga kut naklona raste od ekvatora prema polovima: na ekvatoru je on nula (presijeca samo horizontalni inverzni sloj), a na polu je maksimalan. Zbog toga tangens kuta naklona poprima vrijednosti od $\frac{1}{50}$ do $\frac{1}{300}$.

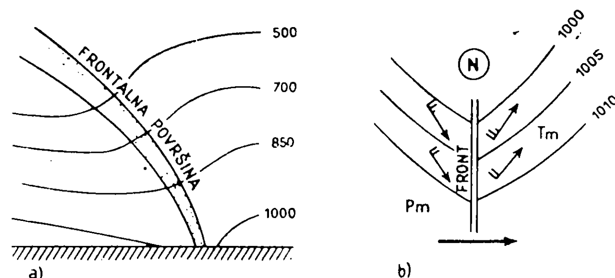
*Na sinoptičkim kartama front je prikazan crtom fronta, koja je sjecište frontalne površine sa Zemljinom površinom.* Međutim, za proučavanje vremenskih pojava nije važna samo crta fronta, već i razdvojna (frontalna) površina u cjelini. U vertikalnom presjeku frontalna površina prikazana je s dvije crte, koje pokazuju granice frontalne zone po vertikali. U raznim uvjetima ta zona iznosi nekoliko stotina metara.

*Pod izrazom front ubuduće ćemo razumijevati kako samu razdvojnu (frontalnu) površinu, tako i crtu njena presjecišta s površinom Zemlje.*

Slika 72. a i b prikazuje položaje izobara u odnosu prema zoni fronta pri presjeku troposfere po visini odnosno horizontalno po Zemljinoj površini.

Front koji dijeli dvije glavne zračne mase različitog geografskog porijekla zove se *glavni (hemisferski, planetarni) front.* Stvara se u određenim geografskim širinama ovisno o općoj cikulaciji atmosfere (t. 99) i ima odgovarajući naziv: *arktički front* — između arktičkog i polarnog zraka, *polarni front* — između polarnog i tropskog zraka i *tropski (ekvatorijalni) front* — između tropskog i ekvatorijalnog zraka, odnosno između pasatnih vjetrova dviju hemisfera (sl. 69 i 70). S tim frontovima povezano je stvaranje ciklona i anticiklona.

Posebno je važan p o l a r n i f r o n t, koji uglavnom nastaje između paralela 40° i 50° i dijeli strujanje polarnih zračnih masa od tropskih. Neprekidnom »borbom« na polarnom frontu dolazi do njegova deformiranja (kao valovi fronta) i do začetka ciklona (depresije), a zatim do njegova razvoja i izumiranja u fazama kako to prikazuje slika 73. Taj front koji se na sinoptičkim kartama prikazuje kao valovita crta (sl. 73) javlja se pomaknut prema višim ili nižim geografskim širinama zavisno od toga koji vjetrovi prevladavaju (tropski ili polarni), a često se spušta do približno (sub)tropskog pojasa visokog tlaka.




*Sl. 72. Raspored izobara (izobaričkih ploha) u oblasti fronta*
a) po vertikali,
b) na Zemljinoj površini



Poremećaji na crti fronta u obliku valova (jezika) i njihov razvoj rijetko nastaju usamljeno. Obično na istoj frontalnoj crti nastaje nekoliko poremećaja koji se kreću jedan za drugim odavajući sliku jedne serije valova u obliku jezika tropskog (toplog) zraka, koji prodire prema višim širinama, i jezika polarnog (hladnog) zraka, koji prodire prema nižim širinama. Ako su ti poremećaji osjetni, vrhovi toplih jezika postaju centri ciklona, a vrhovi hladnih jezika centri anticiklona. Najčešće se uzduž fronta javlja serija od tri do četiri izrazita ciklona, tzv. *familija ciklona.* Pojedini poremećaji (cikloni) iz iste serije obično su u različitim stadijima razvitka. Prvi (istočni) je najstariji i najrazvijeniji ciklon, a posljednji (zapadni) najmlađi i najnerazvijeniji.

T r o p s k i (e k v a t o r i j a l n i) f r o n t nastaje blizu termičkog ekvatora (susretom NE i SE pasata). Kada se tropski (ekvatorijalni) front formira prilično daleko od ekvatora, pasat koji prelazi ekvator utjecajem rotacije Zemlje može skrenuti toliko da poprimi smjer gotovo suprotan drugome pasatu. U tom slučaju, ako te dvije dodirne zračne mase pokazuju naročitu razliku temperature, uzduž tog fronta može se pojaviti vrtložno strujanje poznato pod imenom tropski ciklon (t. 200).

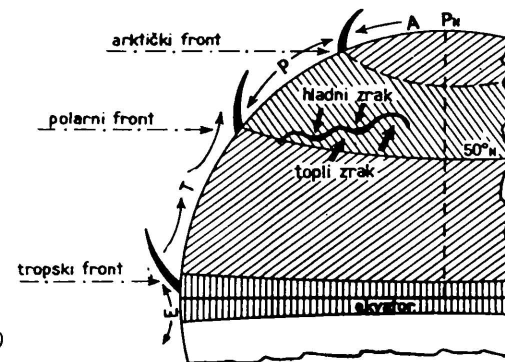
A r k t i č k i f r o n t nastaje između paralela geografske širine 65° i 75° susretom zračnih masa koje se kreću od subpolarnog pojasa niskog tlaka s hladnijim zračnim masama čiji su nosioci istočni vjetrovi (NE—E) koji pušu iz polarnih predjela visokog tlaka.

*Sl. 73. prikazuje sva tri navedena fronta.* Oni su isprekidani na više dijelova kao posljedica nehomogenosti Zemljine kore (more—kontinenti—more). Ti dijelovi nisu stalni jer se zračne mase, koje određuju pojedini dio, s vremenom transformiraju (griju ili hlade) i gube svoje izvorne karakteristike.

S obzirom na t e r m i č k e o s o b i n e zračnih masa i njihov raspored u jednom baričkom sistemu, razlikujemo *topli front, hladni front, front okluzije i stacionirani front.* Ti su frontovi vezani za razvoj svakog pojedinog ciklona (depresije), a on se može pojaviti na bilo kojem od navedenih glavnih frontova.

Da bi se front mogao kretati, potrebno je da hladni zrak potisne ispred sebe topli zrak ili da se ispod njega podvuče i prisili ga na uzdizanje, odnosno da hladni zrak uzmakne pred toplim, nakon čega topli zrak zauzima mjesto hladnog zraka.

Ako se front kreće Zemljinom površinom tako da topli zrak zahvaća nove prostore, koje je prije zauzimao hladni zrak, nastaje *topli front.* Prolazak tog




*Sl. 73. Hemisferski (planetarni) frontovi*

fronta preko motriočeva mjesta donosi toplije vrijeme. Međutim, ako se front kreće tako da hladni zrak zauzima neprestano nove prostore, koje je prije zauzimao topli zrak, javlja se *hladni front*. Prolazak tog fronta stvara hladnije vrijeme. U slučaju toplog fronta imamo odstupajući klin hladnog zraka, a u slučaju hladnog fronta nastupajući klin hladnog zraka.

*Front okluzije* složen je front koji nastaje spajanjem hladnog i toplog fronta u toku razvitka jednog ciklona.

*Stacionirani front* ne mijenja svoj položaj. Paralelan je s izobarama. Na njemu se mogu talasati zračne mase i ponovno stvarati cikloni.

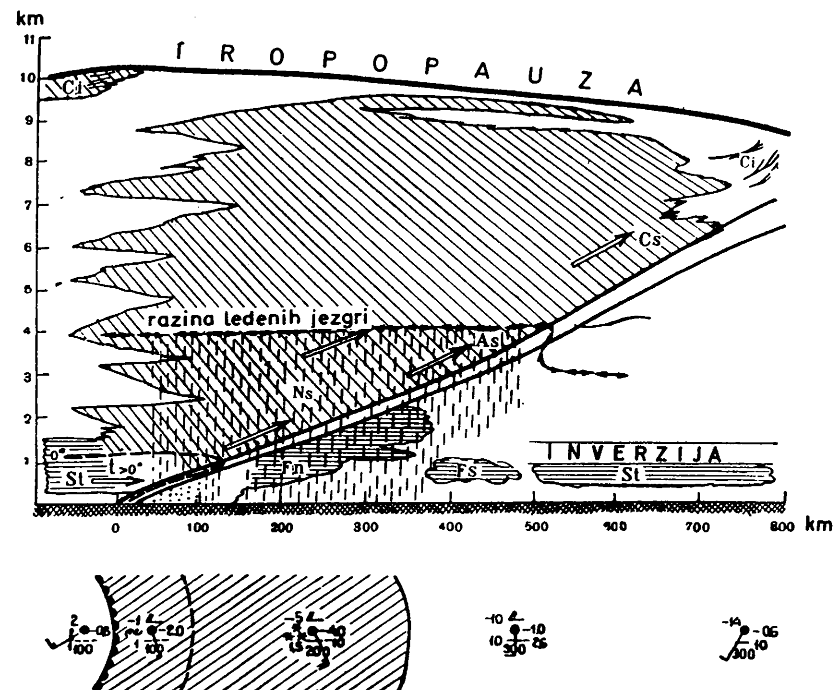
S obzirom na smjer kretanja fronta, područje koje leži ispred fronta zove se *pretfrontalno*, a ono iza fronta *zafrontalno*. Pretfrontalne vremenske prilike drugačije su od zafrontalnih.

***Na sinoptičkim kartama crte frontova crtaju se bojama ili označavaju ugovorenim oznakama.***

| Karakter fronta (prizemnog) | Boja crte fronta | Oznaka fronta |
|---|---|---|
| topli | puna crvena | hladan zrak |
| hladni | puna plava | topli zrak |
| topli okludirani | puna ljubičasta | |
| hladni okludirani | puna ljubičasta | |
| stacionirani | isprekidana naizmjenično crvena i plava | |
| intertropikalna zona konvergencije | oranž | |

**183. Topli front.** — Može se shematski prikazati kako pokazuje sl. 74. *Nastaje prizemnim kretanjem toplog zraka prema hladnom.* Aktivan zrak (topli), kao lakši, nastoji se postaviti iznad hladnog zraka uzdižući se uzduž čitave frontalne površine. Postepenim rashlađivanjem toplog zraka, koje se javlja njegovim uzdizanjem, kondenziraju se vodene pare na stanovitoj visini i pojavi se široki sloj oblaka i karakteristične oborine zavisno od vrste ravnoteže zraka pri tako nastalom uzlaznom strujanju. Karakter tih pojava zavisi od stupnja



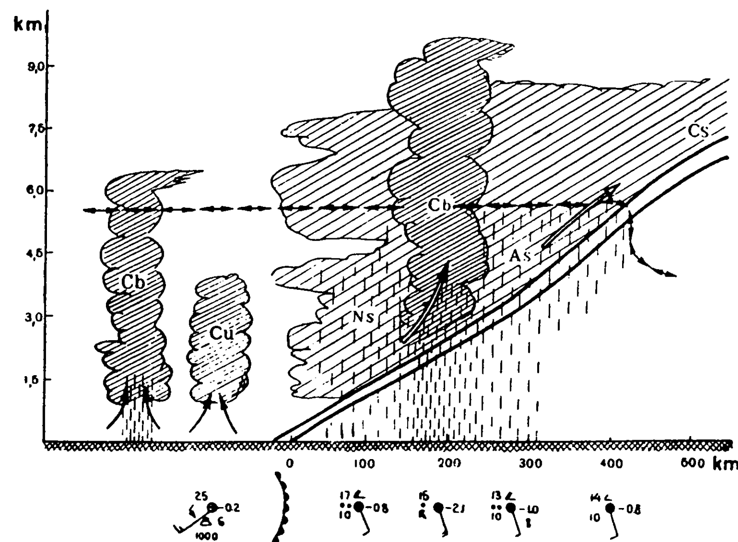



*Sl. 74. Profil tipičnog toplog fronta*

vlažnosti toplog zraka. Ako je zrak manje vlažan, naoblaka će biti rijetka, a oborine mogu izostati. Ima li zrak jaku vlažnost i stabilnu ravnotežu, stvarat će se St-oblaci i oborine stalnog karaktera. Maksimalna širina oblačnog pojasa koji se proteže uzduž toplog fronta varira između 700 i 1 000 km.

*Približavanje toplog fronta* očituje se neprekidnim padom atmosferskog tlaka. To opadanje tlaka traje do prijelaza fronta. Nakon toga tlak pada sasvim polagano ili se ne mijenja. (Tlak opada zbog nadvisivanja hladnog zraka od strane toplog, koji je manje gust i zato lakši.) Također nastupaju nagle promjene u vjetru. Vjetar na N hemisferi skreće udesno. Ako je npr. prije puhao iz SE, poslije prolaza fronta puhat će iz S. Iza toplog fronta (za frontalno područje) vjetar i dalje skreće do SW i doseže olujnu jačinu. Kad pri tom polarni zrak zamjenjuje tropski, jačina vjetra u većini slučajeva raste u velikoj mjeri, ali njegova mahovitost slabi. Kad prođe topli front, temperatura i relativna vlaga po pravilu se povećavaju. Zbog raznih uzroka često se to ne javlja. Ostale pojave slične su onima u pretfrontalnoj zoni. Pojavljuju se vedrine, ali su one privremene.

*U slučaju tipičnog toplog fronta motrilac ispred toplog fronta opaža* (sl. 74) karakterističan neprekidan oblačni sistem. Na 1 000 km, i više, pred frontom koji dolazi pojavljuju se najprije visoki tanki Ci-oblaci, koje brzo zamjenjuju gušći oblaci oblika Cs. Iza njih slijede As i na kraju Ns, praćeni niskim oblacima ružna vremena (Fractocumulus i Fractostratus). Približavanjem srednjih




*Sl. 75. Profil toplog fronta s trajnim oborinama i pljuskovima*

oblaka (As) javljaju se pretfrontalne oborine čija širina iznosi i do 300—400 km. U početku su slabe, zatim se pojačavaju kako se front približava, prestaju čim front prođe ili nešto kasnije. Vidljivost opada s prolazom fronta. Blizu fronta, kao i u zoni pretfrontalnih oborina, pojavljuje se i magla karakteristična za tople frontove.

**184. Hladni front.** — Taj front može se shematski prikazati kao na sl. 76. *Nastaje prizemnim kretanjem hladnog zraka prema toplom.* Aktivan hladni zrak, kao teži, u obliku klina uvlači se pod topli specifično lakši zrak i u neposrednoj blizini fronta prisiljava ga da se uzdiže. Zbog uzdizanja toplog zraka naglo se kondenzira vodena para i javlja naoblaka, koja uzrokuje jake, ali kratke oborine. Ako je topli zrak stabilan, uzduž fronta formira se uski gusti oblačni pojas koji daje oborine u obliku kiše ili snijega. Međutim, ako je ovaj zrak nestabilan, pojavit će se uski pojas oblaka jakog vertikalnog razvitka s oborinama i olujama (veliki oblaci tipa Cu i oblaci Cb, žestoki pljuskovi, snijeg ili tuča). Širina je tog oblačnog pojasa uzduž fronta oko 300 km, a sama zona oborina oko 100 km. Za hladni front, kao i za topli, karakter naoblake i oborina zavisi od stupnja vlažnosti toplog zraka.

*Zajednička osobina svih hladnih frontova* je tendencija atmosferskog tlaka. Do prijelaza fronta atmosferfski tlak obično nepravilno opada (na krivulji barograma to se očituje kao karakterističan prijelom). Za vrijeme i poslije prolaza fronta javlja se iznenadan porast tlaka, popraćen naglim opadanjem temperature, s povećanjem vidljivosti (naročito ako je zrak ispred fronta bio tropski, često se javlja i miraža) i s pojačanjem vjetra uz naglu promjenu njegova smjera. Za vrijeme prolaza fronta vjetar skreće u smislu kazaljke na satu, i to



ovih veća. Približno 28% dana u godini vrijeme u zapadnoj Evropi zavisi od ciklona koji se kreću preko Evrope. Van Beber je otkrio glavne putove ciklona u Evropi kako to prikazuje sl. 87. b.

| | Putovi ciklona | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | Va | Vb |
| Godišnje doba | ljeto i zima | hladna godišnja doba | | najčešće ljeti i ujesen | pretežno zimi | proljeće, srpanj i listopad |
| Učestalost | ljeti 39% zimi 31% | | | ljeti 22% zimi 12% | | ljeti 18% zimi 13% |

Kao što se iz prije navedenog vidi, putovima prema SE cikloni se kreću gotovo uvijek samo u hladno godišnje doba. Ljeti je njihovo kretanje uglavnom putovima I, IV i V b. Svi ti putovi izbjegavaju dijelove Alpa i prolaze preko vodenih površina. U SAD slika putova ciklona je jednostranija. Jedan od glavnih putova dolazi s Tihog oceana (oko $\varphi$ = 55 N), a zatim prolazi iznad Velikih jezera prema Newfoundlandu. Tim putem prolazi 2,5 — 3 puta više ciklona nego najvažnijim putem u Evropi (I). Sa SW strane Texasa dolazi drugi put prema Velikim jezerima. Slijedeći smjer kretanja ciklona siječe SAD u pravcu SE. Većina tih ciklona dopire do Grenlanda i Islanda, a neki i do Evrope. Duž atlantske obale prolaze putovi zapadno-indijskih ciklona.

*Srednje brzine ciklona* u km/h prikazuje slijedeća tablica. Od svih ciklona u Evropi 56% ima brzinu manju od 27 km/h, 29% od 27 km/h do 44 km/h, a 15% veću od 44 km/h. U pojedinim slučajevima brzina može i premašiti 100 km/sat, ali ciklon koji se gasi može biti i stacioniran.

| Godišnje doba | SAD | Sjeverni Atlantik | Zapadna Evropa | Istočna Evropa | Japan | Južna hemisfera |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ljeto | 39 | 27 | 24 | 29 | 28 | 42 |
| jesen | 44 | 30 | 30 | 35 | 38 | 39 |
| zima | 56 | 29 | 29 | 39 | 45 | 40 |
| proljeće | 44 | 30 | 26 | 33 | 40 | 39 |

Razlike u brzinama kretanja ciklona na pojedinim hemisferama može se objasniti samo ako se utvrdi u kakvoj je zavisnosti brzina ciklona od njegova porijekla i faze razvoja.

Pritjecanje hladnog (nešto težeg) zraka u prednjem (istočnom) dijelu ciklona, s jedne strane, i konvergencija visinskih zračnih strujanja, s druge strane, izazivaju nizlazno strujanje zraka i porast tlaka u većem dijelu anticiklona, što pogoduje jačanju samog anticiklona u nižim slojevima atmosfere.

*Druga faza — maksimalan razvitak anticiklona:* Anticiklon se na Zemljinoj površini ocrtava s nekoliko zatvorenih izobara (sl. 89.b). U nižim slojevima troposfere, kao i u prvoj fazi, on obuhvaća hladne zračne mase. U zadnjem dijelu anticiklona, gdje struji zrak iz SW kvadranta, temperature mogu biti znatno veće od onih u prednjem dijelu anticiklona. U srednjim i gornjim slojevima troposfere u oblasti anticiklona djeluju još silazeće zračne struje koje pogoduju povećanju temperature nad anticiklonom. K tome još u gornjim slojevima počinje pritjecati relativno topli zrak iz oblasti susjednog (obično sa zapada) novog ciklona. Zbog toga se klin toplog visinskog zraka širi sve bliže centru anticiklona i neprestano potiskuje hladan zrak prema istoku. U toj fazi u prednjem (istočnom) dijelu anticiklona atmosferski tlak i dalje raste, ali slabije nego u prvoj fazi. U zadnjem (zapadnom) dijelu anticiklona atmosferski tlak već opada. Na završetku te faze tlak u centru anticiklona dostiže maksimalnu vrijednost.

*Treća faza — stari iščezavajući anticiklon:* Atmosferski tlak opada u čitavom području anticiklona. Centri anticiklona u prizemlju i na visini potpuno se podudaraju (sl. 89.c), što znači da se anticiklon pretvorio u visoku toplu formaciju. Ako u prizemlju blizu centra ciklona i dalje postoji nizlazno strujanje (taloženje) zraka, znači da u srednjim i gornjim okolnim slojevima troposfere vladaju uzlazna strujanja toplog zraka. To često izaziva formiranje oblaka perjasta oblika.

**197. Klasifikacija anticiklona.** — Anticikloni se mogu podijeliti u četiri osnovna t i p a:

1. izobarski produžeci atmosferskog tlaka koji se brzo kreću između ciklona jedne serije s istog glavnog fronta. Nastaju zbog toga što barički sistem nema kružni oblik. To su uglavnom *grebeni visokog atmosferskog tlaka* bez zatvorenih izobara (sl. 22), a rjeđe su to mali samostalni barički sistemi sa zatvorenim izobarama;

2. *hladni anticikloni,* koji se razvijaju u zadnjem dijelu neke serije ciklona i koji ujedno označavaju završetak takve jedne serije ciklona na istom glavnom frontu. Slični su s prvim tipom, ali teže za tim da se stabiliziraju (slabo pokretno stanje) s prijelazom na tip 3. i 4;

3. *dugotrajni slabo pokretni* (stacionirani) *anticikloni* koji sadrže arktički ili polarni zrak. Iznad hladnog kopna zimi imaju monsunski karakter. Po pravilu te oblasti povišenog atmosferskog tlaka popunjavaju se pokretnim anticiklonima prvog, a rjeđe i drugog tipa, koji se stabiliziraju. Ljeti su stacionirani anticikloni više rasplinuti i manje intenzivni nego zimi. Ponekad čine prostrane oblasti s neznatno povišenim atmosferskim tlakom;

4. *oceanski anticikloni suptropskog pojasa* neprestano se obnavljaju anticiklonima tipa 2. koji dolaze iz srednjih širina, a popunjavaju se anticiklonima koji dolaze iz umjerenih širina. Za vrijeme u Atlantiku i u Evropi od posebnog značaja je azorski anticiklon (maksimum).



*Suptropski anticikloni kreću se od W prema E.* Od azorskog anticiklona često se odvajaju jezgre visokog tlaka koje se obično kreću ispred ciklona (depresije) koji sa zapada dolazi u Evropu. Ti cikloni mogu se nad Evropom stabilizirati. Njihovo je kretanje gotovo svake godine periodično, i to s intervalom oko sedam dana.

**198. Vrijeme u anticiklonu.** — Anticikloni su karakteristični po inverzijama temperature. Prizemne inverzije nastaju radijacijskim hlađenjem tla, a visinske zbog spuštanja dinamičkog zagrijavanja zraka. Prizemne inverzije najviše se stvaraju zimi, ali i u druga godišnja doba za vrijeme vedrih i tihih noći. Naročito su poznati jesenji mrazovi, proljetni mrazovi i prizemna magla, kao i posljedica inverzije temperature u anticiklonu.

*Vrijeme u anticiklonu karakterizira se:* slabim vjetrovima, pretežno vedrinama, jakim hlađenjem donjih slojeva zraka putem zračenja (zimi i noću) odnosno zagrijavanjem (ljeti i danju), bez oborina (ljeti lokalni pljuskovi) i sl., u donjim slojevima često se javljaju slojeviti oblaci i magle. Istočni dio anticiklonske oblasti hladniji je od zapadnog, jer prvi dio popunjava zrak sa sjevera, a drugi s juga.

Anticikloni koji k o d n a s vladaju *ljeti* su odvojene jezgre azorskog anticiklona (maksimuma). Donose vedro i suho toplo vrijeme. *Zimi* je vrijeme kod nas pod utjecajem sibirskog i srednjoevropskog anticiklona (maksimuma). Iz područja tih anticiklona struji u naše predjele polarni zrak koji donosi hladne sjeverne i sjeveroistočne vjetrove. Za vedrih i tihih zimskih dana pad temperature je osjetan i dostiže minimalnu vrijednost kada je Zemlja pokrivena snijegom. U kotlinama i dolinama redovna je pojava magle.

**199. Statistički podaci o anticiklonima.** — Opći karakter rasporeda atmosferskog tlaka u anticiklonu, s maksimumom u centru, već je poznat. Izobare anticiklona uglavnom imaju eliptički oblik. Smjer velike osi na Atlantiku i u Evropi je WSW — ENE, a nad američkim kopnom SW — NE. Barički gradijenti u anticiklonu općenito su slabiji nego u ciklonu. Na periferiji su gradijenti veći nego u unutrašnjem dijelu anticiklona. Najjači vjetrovi su na periferiji, a slabiji odnosno zatišja su u unutrašnjosti anticiklona.

Anticikloni su prostorno veliki i mogu zahvatiti čitav kontinent. Naročito velike razmjere anticikloni dosižu zimi na kopnu (sibirski anticiklon) i ljeti na oceanu (azorski anticiklon).

Srednji razmak između središta anticiklona i ciklona (ispred ili iza njega) iznosi oko 3 000—4 000 km. Najjači cikloni javljaju se zimi.

*Obično u anticiklonu vlada vedro vrijeme ili slaba naoblaka sa slabim vjetrovima.*

Od svih anticiklona u Evropi 50% su azorskog porijekla. Ostali su uglavnom polarnog ili sibirskog porijekla. Zbog toga su anticikloni češći ljeti u zapadnoj Evropi, a zimi u istočnoj.

*Srednji smjer kretanja* anticiklona u Evropi približno je ESE. Ljeti je smjer kretanja nešto južniji, a zimi nešto sjeverniji od srednjeg smjera kretanja. Većina anticiklona kreće se prema E i SE.

*Srednja brzina kretanja* anticiklona nešto je manja nego ciklona. U Evropi i Australiji ta je brzina oko 27 km/h, a u SAD oko 36 km/h. Brzina im može biti i do 80 km/h. Nad dijelovima kontinenata vantropskih širina ili suptropskih mora anticikloni mogu biti i stacionirani. Neki smatraju da je stabilizacija anticiklona iznad Evrope pravilo.

ljenosti od njega (na granici zone tišina). Uz sve te uvjete stup zračnog vrtloga postaje stabilan i zaštićen od eventualnih vanjskih utjecaja koji ga mogu uništiti.

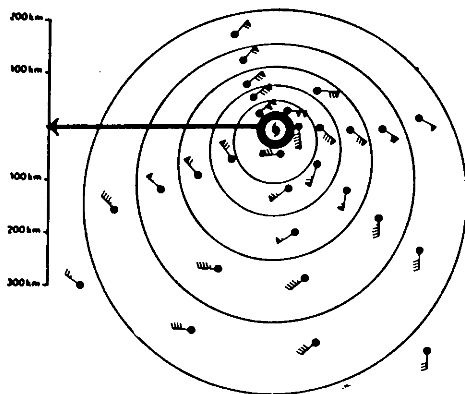
b) *Dinamička (frontovna) teorija* za stvaranje vrtložnog strujanja uvjetuje razlike u temperaturi dviju zračnih masa, dva suprotna strujanja (NE i SE pasat) i jako uzlazno strujanje zraka. Pri dolasku relativno hladnog zraka iz umjerenih širina tropski zrak uzdiže se uvis klinom hladnog zraka. To dovodi do snažnog oslobađanja toplinske energije i stvaranja uvjeta za razvoj tropskog ciklona. Zbog toga većina suvremenih meteorologa tropske ciklone smatra kao poremećaje koji se javljaju na tropskim frontovima.

Protusmjerni vjetrovi (pasati), na granici zone tišina, ali dovoljno daleko od ekvatora, utjecajem devijacijske sile izazivaju vrtložno strujanje ciklonskog karaktera. Iz umjerenih širina ti vjetrovi donose relativno hladan zrak koji se uvlači ispod tropskog (toplog) zraka i na taj način prisiljava ga na uzdizanje. Uzdizanjem zraka dolazi do njegove kondenzacije. Okolni morski zrak koji pritječe prema središtu sve je vlažniji, pa se uzdiže sve brže i brže i na taj način izaziva sve veću kondenzaciju. Zbog toga dolazi do naglog oslobađanja toplinske energije i stvaraju se uvjeti za razvoj ciklonskog strujanja. Posljedica toga je stvaranje sve nižeg i nižeg niskog tlaka u središtu vrtložnog strujanja (tropskog ciklona), a time i stvaranje sve jačeg baričkog gradijenta usmjerenog prema centru ciklona. Ciklon postaje sve dublji. Jačina vjetra raste proporcionalno produbljavanju ciklona. S jačanjem vjetra jača i centrifugalna sila (uz devijacijsku silu), posebno u okolini centra ciklona, tako da olujni vjetrovi uglavnom kruže po izobarama, a vrlo malo prodiru u središnju zonu ciklona (oko 20 M). U toj zoni vladaju tišine i promjenljivi vjetrovi. Ciklon ne ostaje nepomičan jer mu je za dalju evoluciju kretanje neophodno. To se kretanje obavlja u smjeru opće ljetne cirkulacije zraka dotičnog oceana.

Tropski cikloni toliko su snažni zbog goleme energije koja se oslobađa konstantnom kondenzacijom. Početno uragansko stanje sliči unutrašnjosti oluje s grmljavinom. Protivno oluji nad kopnom, tropski ciklon ima neiscrpivo vrelo vlage. Kondenzacijom oslobođena toplina pospješuje ascendentno strujanje zraka, a okolni morski zrak pritječe centru tropskog ciklona sve brže i brže i na taj način ciklon postaje divovski barički sistem sa žestokim vjetrovima.

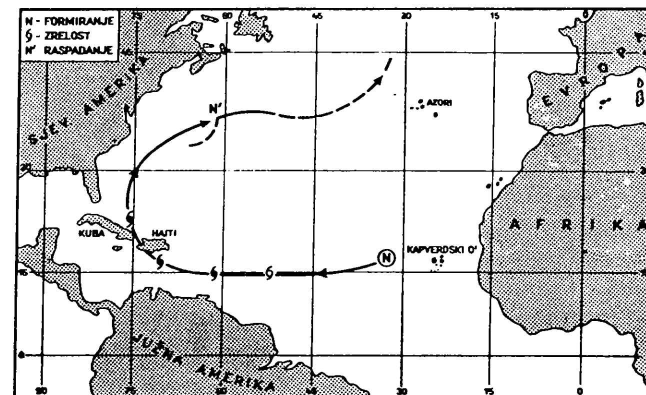
Život tropskog ciklona može se promatrati kroz četiri odvojene f a z e  r a z v o j a: formiranje, sazrijevanje, zrelost i raspadanje.

a) *Formiranje.* Ciklonska cirkulacija se razvija, brzina vjetra blizu centra ciklona raste do uraganske jačine (64 čv). Atmosferski tlak pada do 1 000 mb. Ta faza može trajati nekoliko dana, a može se završiti i u pola dana, ili još kraće.



*Sl. 90.a Baričko polje tipičnog tropskog ciklona (harikena) s vjetrovima do 100 čv*






*Sl. 90.b Staza kretanja harikena BETTY*
N — formiranje, § — faze razvoja, N′ — raspadanje

b) *Sazrijevanje.* Tlak u centru ciklona i dalje pada, a brzina vjetra raste, ali je ciklon još uvijek ograničen na malu površinu.

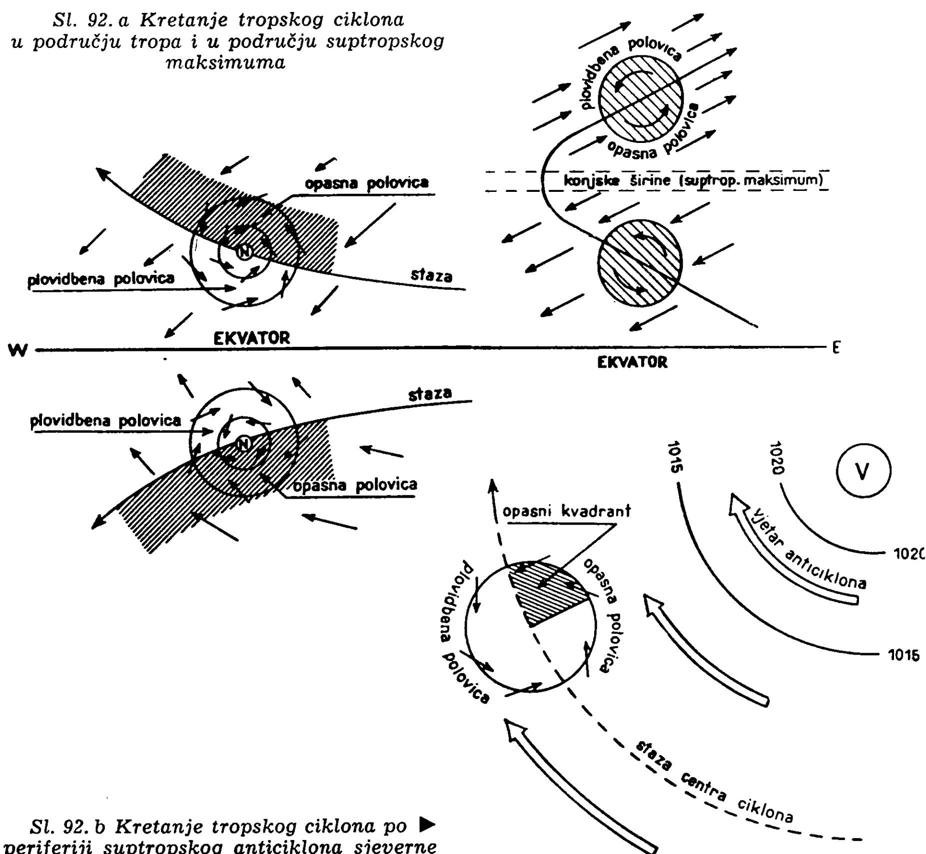
c) *Zrelost.* Tlak u centru ciklona ostaje približno na prijašnju vrijednost, ali se površina orkanskih vjetrova širi do radijusa oko 150 do 200 M, a olujnih vjetrova do približno 300 M. U pojedinom slučaju razlike od tih prosječnih vrijednosti mogu biti znatne.

d) *Raspadanje.* Površina zahvaćena ciklonom i dalje se povećava, atmosferski tlak u centru raste, a jačina vjetra opada. Ciklon gubi svoje tropske karakteristike i postepeno se raspada. Taj proces traje nekoliko dana ako se ciklon odvija nad oceanom. Nad kopnom ta se faza odvija mnogo brže.

*Slika 90.b prikazuje tipičnu stazu tropskog ciklona atlantskog oceana kroz sve faze razvoja:* formiranje (N), zrelost (S) i raspadanje (N′) na putu od Rta Verde Islands do područja zapadnih vjetrova s početnom brzinom vjetra do 32 čv. U fazi zrelosti taj tropski ciklon na putu za Leeward Islands (Zapadna Indija) poznat je pod nazivom Betty (harikeni dobivaju ženska imena), s vjetrom brzine 32—73 čv. Desno od Guadeloupea on je potpuno zreo ciklon s brzinom vjetra iznad 75 čv. On produžava prema zapadu s brzinom 10—12 čv i prolazi južno od Puerta Rica (Haiti). Počinje skretati prema sjeveru s istom brzinom (10—12 čv) i prolazi preko Kube i Bahama Islands, ali s brzinom vjetra iznad 125 čv. Nakon toga Betty zakreće prema NE krećući se povećanom brzinom oko 30 čv dok ne stigne sjeverno od Bermuda. Tada dobiva karakteristike vantropskog ciklona i kao takav nastavlja svoj put prema Sjevernom moru.

*Sl. 90. c prikazuje razvoj i stazu tajfuna Pamela i Nensi u Tihom oceanu.*

**203. Opis i karakteristike tropskog ciklona.** — Tropski ciklon u svom vertikalnom presjeku ima oblik leće probušene u svom centru (oku ciklona). Oblast niskoga atmosferskog tlaka čine izobare kružnog oblika. Barički gradijent prizemno je usmjeren od periferije prema centru ciklona. Smjer vrtložnog strujanja u najnižim slojevima ciklona isti je kao i kod svih ciklonskih sistema, tj.




*Sl. 92. a Kretanje tropskog ciklona u području tropa i u području suptropskog maksimuma*

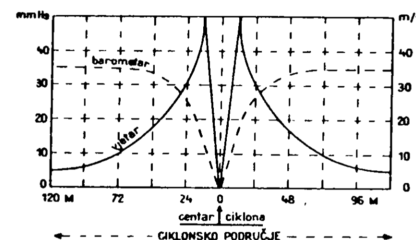
*Sl. 92. b Kretanje tropskog ciklona po periferiji suptropskog anticiklona sjeverne hemisfere* ▶

Na sjevernoj hemisferi nesimetričnost baričkog polja tropskog ciklona naročito je izražena na njegovoj desnoj strani. To je zato što se tropski cikloni načelno kreću po periferiji anticiklona suptroskih širina i stazom koja postepeno skreće prema višim širinama (sl. 92.b). Na desnoj strani ciklona podudaraju se smjerovi vjetrova ciklona i anticiklona i zato u tom području imamo najžešće vjetrove. Na lijevoj strani vjetar je blaži kao rezultat vjetrova suprotnih smjerova. S obzirom na to da staza ciklona sjeverne hemisfere sve više skreće udesno, centar ciklona približavat će se brodu koji se nalazi na toj strani.

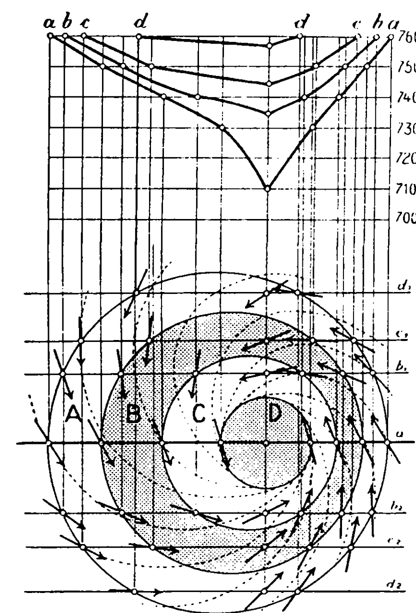
Na južnoj hemisferi bit će obratna situacija od one opisane na sjevernoj hemisferi.

Iz navedenih razloga može se zaključiti da je *na sjevernoj hemisferi polovica ciklona koja se nalazi na desnoj strani tropskog ciklona za brodove opasnija od one na lijevoj strani.* (Na južnoj hemisferi lijeva je strana opasnija.) *To naročito vrijedi za prednji desni (lijevi) kvadrant.* U njemu je rezultantni vjetar jači nego što bi on bio prema baričkom gradijentu, pa je i more jače razvijeno;






*Sl. 93.a Zone polja tropskog ciklona po Pateru Alguéu*




*Sl. 93.b Povezanost promjena barometarskog tlaka i vjetra u tropskom ciklonu* ▶

smjer vjetra je takav da brod zanosi prema stazi i čelnom dijelu ciklona. *Ta polovica (kvadrant) zove se opasna polovica (kvadrant).* Nasuprot opasne polovice (kvadranta) ciklona nalazi se podnošljiva (plovidbena) polovica (kvadrant). U tom dijelu vjetar je slabiji i zanosi brod od staze ciklona, a more je umjerenije. Z n a č i, *opasan kvadrant na N hemisferi nalazi se sprijeda i desno, a na S hemisferi sprijeda i lijevo.*

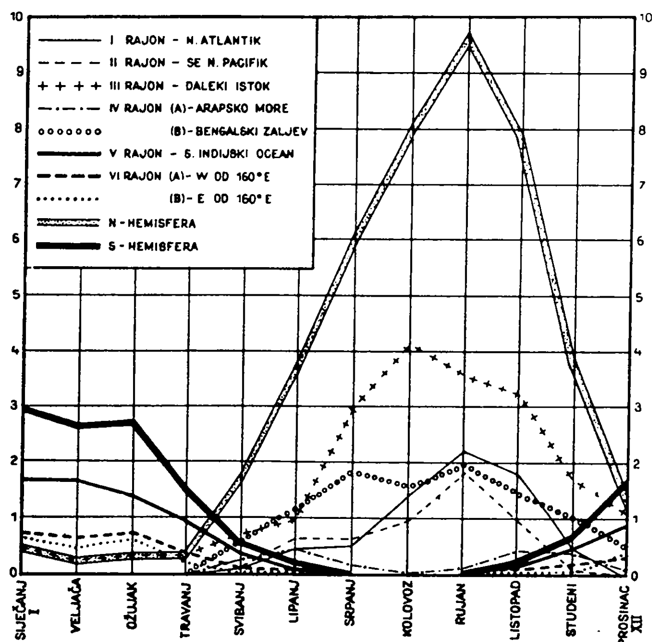
U vezi s *padanjem atmosferskog tlaka,* barički sistem tropskog ciklona podijeljen je na nekoliko prstenastih zona (sl. 93.a). Na primjer, za tropske ciklone u području Antila s radijusom oko 500 M te zone imaju približno ove širine: A — 190 M, B — 30 M, C — 25 M i radijus D — 10 M.

Padanje atmosferskog tlaka u pojedinim zonama može se označiti sa: sasvim sporo u zoni A, sporo u B, brzo u C i naglo u zoni D. Prolazom centra ciklona tlak se mijenja obrnutim redom, ali mnogo brže zbog nesimetričnosti ciklonskog baričkog sistema.

*Slika 93.b prikazuje vezu između padanja atmosferskog tlaka i pojačanja vjetra u tropskom ciklonu.**

*Skretanje vjetra* u baričkom polju ciklona, ako se brod kreće po jednoj od ucrtanih ruta, najlakše je uočiti prema sl. 93.a. Brod koji plovi rutom **a** (po stazi ciklona) proći će kroz sve zone. Smjer vjetra u tom slučaju mijenja se samo prolazom centra, i to za 180°. Ako se plovi rutom $\mathbf{b_1}$, $\mathbf{c_1}$ i $\mathbf{d_1}$, tj. desno od staze ciklona, brod neće proći kroz sve zone; skretanje vjetra je udesno (licem u vje-

* Približna maksimalna brzina vjetra ($v_{max}$) po R. D. Fletcheru, ako je poznat tlak (P) u centru tropskog ciklona: $v_{max} = \sqrt{1010 - P}$ mb.




*Sl. 94.b Približan broj tropskih ciklona po mjesecima*

*Južni Atlantik jedino je područje u kojemu se ne javljaju tropski cikloni.*

Ako se tropski ciklon na svom putu udalji prema većim geografskim širinama, on postepeno gubi svoju olujnu snagu, jer se odvija na većem prostoru i poprima karakteristike vantropskog ciklona. Prijelazom preko kopna tropski ciklon znatno gubi na energiji.

U navedenim rajonima stvara se najmanje 90% svih tropskih ciklona. U rajonu Dalekog istoka (III rajonu) tropski cikloni mogu se sresti u bilo kojem mjesecu godine, ali ipak manje zimi nego ljeti. U ostalim rajonima javljaju se samo ljeti ili u jesen, kako to pokazuje grafikon na sl. 94.b*. Općenito, najveći broj ciklona na sjevernoj hemisferi javlja se u rujnu. To je mjesec najveće učestalosti ciklona u svakom od prva četiri rajona osim na Dalekom istoku (kolovoz) i Arapskom moru (lipanj i listopad). Na južnoj hemisferi taj maksimum nije oštro izražen kao na sjevernoj hemisferi. Siječanj, veljača i ožujak (ljeto južne hemisfere) mjeseci su s najvećom učestalosti tropskih ciklona.

Pojava tropskih ciklona u pojedinim rajonima nije pravilna, i to treba imati na umu pri upotrebi grafikona na sl. 94.b. Blizu tačaka maksimalne učestalosti ciklona u bilo kojem rajonu postoje periodi bez ijednog ciklona. Naprotiv tome, u sjevernom Atlantiku istovremeno se mogu kretati do tri ciklona, a na Dalekom istoku i do četiri tajfuna. Prosječan ukupan broj tropskih ciklona, koji se javljaju u toku godine, za sjevernu hemisferu iznosi 43, a za južnu 13, odnosno 56 za sva mora i oceane. Stvaran

* Orkanska sezona u širem smislu traje od svibnja do studenoga. Amerikanci kažu: June too soon; July stand by; Avgust look out you must; September, remember; Oktober, all over. Međutim, praksa pokazuje da u lipnju nije prerano (to soon), u listopadu nije sve prošlo (all over) jer i u studenom još ima ciklona.



broj ciklona varira iz godine u godinu. Naročite nepravilnosti u pojavi ciklona javljaju se u sjevernom Atlantiku. Istočnoazijski tajfuni čine najmnogobrojniju skupinu ciklona (prosječno oko 22 tajfuna godišnje).

*Oblasti stvaranja tropskih ciklona pretežno se nalaze u zapadnim dijelovima oceana, oko otočja blizu kontinenata čije se obale protežu u smjeru N do S.* S meteorološkog stajališta, te oblasti leže u ekvatorijalnoj zoni tišina, ali daleko od geografskog ekvatora. U blizini geografskog ekvatora cikloni se ne stvaraju, izgleda, zbog toga što je devijacijska sila rotacije Zemlje i suviše mala, a razlike u tlakovima koji tu nastaju ne mogu se produbiti. Zbog toga je zona geografskih širina do 8° s obje strane ekvatora slobodna od tropskih ciklona. U Indijskom oceanu, za vrijeme azijske zime, to će biti zona između SE pasata i NE monsuma, a za vrijeme ljeta to je sjeverna granica SW monsuma. U Atlantskom i Tihom oceanu to je zona između pasata sjeverne i južne hemisfere. Tropski frontovi su najudaljeniji od ekvatora u ljetno i jesenje doba te hemisfere, pa je zato i maksimum učestalosti tropskih ciklona u tim razdobljima godine. Srednja geografska širina zone stvaranja tropskih ciklona iznosi oko 12°N.

Nakon svog formiranja *tropski ciklon polako se kreće* od istoka prema zapadu nošen zračnom strujom u kojoj je i formiran. Pošto dostigne rub suptropskog anticiklona, kreće se njegovom strujom od ekvatora prema sjeveru (na N hemisferi), odnosno prema jugu (na S hemisferi), a zatim skreće na istok sa strujom opće cirkulacije atmosfere (t. 99). *Staza ima oblik parabole otvorene prema istoku, s tjemenom u visini suptropskog maksimuma* (25° — 30° N i S). Prva grana parabole vodi kroz tropski pojas od E prema W ili WNW (na S hemisferi WSW). Druga grana prelazi ponovo ocean u srednjim geografskim širinama u smjeru NE do NNE (na S hemisferi SE do SSE).

Srednje staze ciklona variraju s odmicanjem sezone ciklona, i staze pojedinih ciklona mogu se znatno razlikovati od srednjih (sezonskih — godišnjih). Rajon I (sjeverni Atlantik) posebno je istaknut u tim promjenama. U kolovozu, oko 80% ciklona nastaje u južnom dijelu sjevernog Atlantika i u istočnim Karibima, a 20% u zapadnim Karibima i Meksičkom zaljevu. Oko 60% staza ciklona skreće udesno, gotovo usporedo s obalom Sjeverne Amerike, a 40% produžuje prema zapadu (sl. 94.a). U jeku sezone (rujan) broj formiranih ciklona u južnom dijelu sjevernog Atlantika i istočnim Karibima pada do 70% (sl. 94.b). U listopadu broj nastalih ciklona u južnom dijelu sjevernog Atlantika i u istočnim Karibima spušta se na 50%, a 80% skreće sa staza, ali iz tačke koja je više prema zapadu (sl. 94.b). U studenom promjene zaostaju za stanjem u rujnu. Kako sezona napreduje, ta su odstupanja veća.

*Brzina kretanja* tropskih ciklona u početku je vrlo slaba (varira od 5 do 20 čv; kod tjemena parabole do 10 čv). S razvojem tropskog ciklona brzina postepeno raste i može u nekim slučajevima dostići 50 čv ili više kada ciklon dođe u umjerene geografske širine. Nakon toga tropski ciklon se širi, gubi na žestini i produžuje prema redovitim stazama ciklona vantropskih širina.

**205. Otkrivanje i praćenje tropskog ciklona.** — Mrežom radiostanica na kopnu, na brodovima i zrakoplovima organizirana je služba meteoroloških promatranja i upozorenja o pojavi i kretanju tropskih ciklona. U sjevernom Atlantiku zrakoplovi vojnog zrakoplovstva i ratne mornarice SAD, u suradnji s Weather Bureauom (SAD), od 1938. god. vrše organizirane letove radi otkrivanja i motrenja pojavljenih ciklona. Kad je ciklon otkriven, svakih šest sati vrše se letovi u ciklonu radi mjerenja jačine vjetra i radi tačnog otkrivanja njegova centra. Zrakoplovi su opremljeni radarom i meteorološkim instrumetima.

*Obalna radio-služba,* kao upozorenje, daje svakih šest sati podatke o položaju, snazi i vjerojatnoj stazi pojedinih ciklona. Zainteresirani brodovi mogu direktno primati vremenske radio-izvještaje i od drugih brodova u vožnji koji se nalaze blizu ciklona.

*Upotreba radara* osobito je važna kada se ciklon nalazi u radarskom mjernom području. U posljednje vrijeme pojedini meteorološki centri snabdjeveni su i posebnim ultraosjetljivim instrumentom koji otkriva tropski ciklon u njegovu začetku, pa je time i otkrivanje njegova položaja olakšano.

Pored toga, *poznavati izgled neba i stanja mora* u blizini tropskog ciklona za pomorca je osobito važno.

Rano upozorenje o približavanju tropskog ciklona je *prisutnost dugih valova.* U odsutnosti tropskog ciklona kreste valova na otvorenom moru Atlantika prolaze u razmacima oko osam minuta. Utjecajem ciklona valovi imaju dvostruko veću učestalost i njihove kreste prolaze u razmacima oko četiri minute. Valovi se zapažaju nekoliko dana prije dolaska ciklona.

*Kad je centar ciklona udaljen* oko 500 — 1 000 M, barometar obično malo padne, a nebo je relativno vedro. Cu-oblaci, ako ih uopće ima, u malim su količinama i njihov vertikalni razvoj izgleda prigušen. Barometar postaje nemiran i mijenja svoj položaj (pumping) za 1 mm/min, i više.

Što se tropski *ciklon više približava* brodu, slijed oblaka počinje dobivati raspored sličan onome što ga je imao pri približavanju toplog fronta u srednjim geografskim širinama (t. 183). Snježno bijeli fibrozni Cirrus (mare's tails) pojavljuje se kad je ciklon udaljen oko 300 — 600 M. Obično ti oblaci konvergiraju prema pravcu iz kojeg se ciklon približava. To konvergiranje posebno se zapaža pri izlasku i zalasku Sunca.

Nešto nakon pojave Ci-oblaka, a ponekad i prije, barometar počinje polagano padati. Na početku pada tako postepeno te izgleda da se samo mijenja normalni dnevni hod atmosferskog tlaka (u tropima normalno dva maksimuma i dva minimuma). Kako se rata pada atmosferskog tlaka povećava, normalna shema promjene sasvim se gubi i prelazi gotovo u stalan pad. Ci-oblaci postaju sve više izmiješani i prelaze u kombiniranu oblačnu barijeru Cs-oblaka. Ispod te barijere javljaju se oblaci forme As i Sc. Ti oblaci postaju postepeno sve gušći, a time i vrijeme sve nestabilnije. Počinje padati sipuća kiša (slična magli), koja se povremeno prekida i nastupaju jači pljuskovi. Barometar obično padne oko 2—3 mb. Što barometar brže pada, vjetar postaje sve jači; njegova brzina obično doseže 22—40 čv (6—8 Bf). Na horizontu se pojavljuje taman zid teških Cb-oblaka, tzv, stup ciklona. Dijelovi tih teških oblaka povremeno se odvajaju i u komadima se kreću nebom, praćeni povremenim kišama, a vjetar postaje sve jači. Između olujnih pljuskova mogu se kroz šupljine Sc-oblaka vidjeti Ci-oblaci.

Približavanjem stupa ciklona barometar pada sve brže, a brzina vjetra se povećava. More, koje se stalno razvijalo, postaje olujno. Udarci vjetra i kiše sve su češći i žešći.

S dolaskom stupa ciklona dan postaje vrlo tmuran, udari vjetra postaju neprekidni, barometar osjetno pada, a vjetar povećava brzinu. U toj fazi, centar puno razvijenog ciklona može biti udaljen i 100—200 M. Što se centar ciklona više približava, vjetar postaje sve žešći. Sve jače se čuje kako vjetar zavija kroz jarbole i brodska nadgrađa. Kiša pada kao iz kabla (prolom oblaka). More dobiva brdovit izgled. Vrhovi velikih valova nestaju u vodenu prašinu



koja s kišom ispunjava donje slojeve zraka. Vidljivost je vrlo slaba tako da se objekti ne vide i na najmanjoj udaljenosti. I najveći brodovi gube svoja manevarska svojstva i prijeti im opasnost od teških oštećenja. Rijetko koji od slabijih brodova može izdržati takvo uragansko nevrijeme. Navigacija prestaje, a sigurnost broda dolazi u prvi plan. Stanje u kojemu se tada nalazi brod može se samo doživjeti, jer nema riječi kojima se to može opisati.

*Kad brod ulazi u oko ciklona,* vjetar najedanput prelazi u povjetarac, kiša naglo prestaje, a nebo se razvedri toliko da se Sunčeve zrake vide kroz relativno tanak sloj oblaka. Vidljivost se poboljšava. Brdovito more približava se sa svih strana u općem neredu. Barometar pada do svoje najniže tačke, koja u puno razvijenom ciklonu može biti i do 40—50 mb ispod normale.

*Pri izlasku broda iz oka ciklona,* vjetar udara iznenada i punom žestinom, ali sada iz suprotna smjera. Slijed vremenskih pojava koje se sada događaju obrnut je od onog pri približavanju tropskog ciklona, a odvija se brže jer pojedine zone ciklona u stražnjem dijelu nisu tako široke kao u njegovu prednjem dijelu.

**206. Otkrivanje centra tropskog ciklona.** — Da se izbjegne puna žestina ciklona, osnovno je na vrijeme otkriti njegov centar i kretanje (stazu) u odnosu prema poziciji broda. Bilteni i radio-izvještaji vrlo su korisni, ali nisu nepogrešivi i zbog toga navigator može pogrešno manevrirati i na taj način dovesti brod u opasnost. Često samim promatranjima s vlastita broda mogu se dobiti korisni podaci za izvršenje najsvrsishodnijeg manevra brodom za datu situaciju.

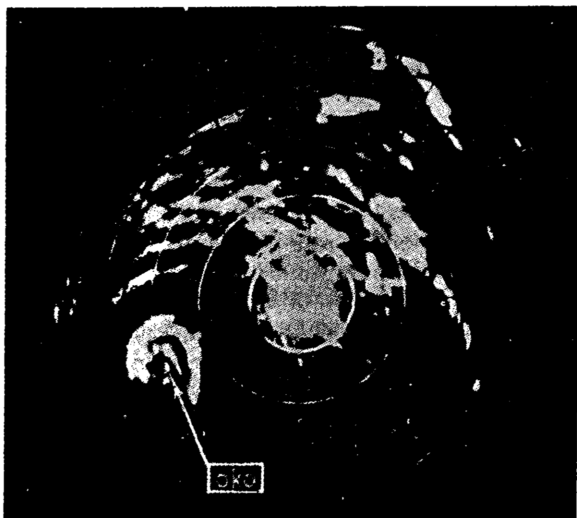
Kako je prije rečeno, *na otvorenom moru prisustvo izuzetno dugih valova, koji se šire iz centra ciklona, obično je prvi vidljivi znak postojanja tropskog ciklona.* U plitkim vodama ta je pojava manje pouzdan pokazatelj jer se smjer valova mijenja refrakcijom*, a kreste valova bivaju gotovo usporedne s konturama dna (izobatama).

*Pri pojavi Ci-oblaka,* njihova tačka konvergencije određuje vjerojatni pravac centra ciklona. Ako ciklon prolazi prilično u stranu od motrioca, tačka konvergencije postepeno se pomiče u smjeru kretanja ciklona. Ako će centar ciklona proći blizu motrioca, ta tačka ostaje relativno nepomična.

*Kada stup ciklona postane vidljiv,* on normalno ostaje na horizontu nekoliko sati. Najtamniji dio tog stupa je u pravcu centra ciklona. Ako ciklon prolazi sa strane, njegov stup izgleda da se polako pomiče uzduž horizonta. Ako je ciklon usmjeren direktno prema motriocu, položaj stupa ostaje relativno nepomičan. Kad se motrilac jednom nađe u području gustih niskih oblaka, treba da obrati pažnju na pravac njihova kretanja koji se gotovo poklapa s izobarama, dok je središte ciklona 90° od smjera kretanja oblaka (lijevo od smjera kretanja oblaka na N hemisferi i desno na S hemisferi).

*Vjetrovi su vjerojatno najbolji pokazatelj položaja centra tropskog ciklona.* Cirkulacija zraka je ciklonskog karaktera, ali zbog pretjeranog baričkog gradijenta blizu centra vjetrovi tu pušu s većom žestinom i jače kruže nego u izvantropskim ciklonima. Ima li se na umu Buys Ballotov zakon (t. 95), ako vjetar tačno slijedi kružne izobare, centar ciklona bit će bočno (90° od pramca) puše li

* Efekt je sličan refrakciji svjetlosti.




*Sl. 95 Radarska slika tipičnog tropskog ciklona*

vjetar tačno u pramac*. Međutim, smjer vjetra obično je skrenut nešto prema centru, tako da taj kut varira između 90° i 135° (8 i 12 zraka). On je najmanji na čelu ciklona, a najveći u njegovu stražnjem dijelu. To je zato što je stvaran vjetar rezultanta vjetra koji pripada baričkom gradijentu i kretanju ciklona uzduž njegove staze. Zbog toga, kao prosječna vrijednost tog kuta, najbolje odgovara 112,5° (10 zraka) na čelu ciklona i 123° (11 zraka) ili 135° (12 zraka) na stražnjem dijelu ciklona. Te vrijednosti treba uzeti u obzir dok je centar ciklona još nekoliko stotina milja od broda. Bliže centru ciklona vjetar puše još bliže izobarama, kut između smjera vjetra i centra ciklona na graničnoj je izobari oka ciklona, smanjen za 11,5° (1 zraka) ili 22,5° (2 zrake). Budući da se smjer vjetra obično postepeno mijenja za vrijeme olujne faze ciklona, njegov se smjer u to vrijeme ne može iskoristiti za određivanje pozicije centra ciklona. Približnu vezu između smjera vjetra i položaja centra ciklona na sjevernoj hemisferi pokazuje sl. 91 a.

Kada je centar tropskog ciklona u dohvatu radara, ono se može otkriti na zaslonu radara, kako pokazuje sl. 95.

*Udaljenost od centra ciklona* mnogo je teže odrediti nego smjer njegova položaja. Zbog toga je za tu svrhu radar najsigurnije pomagalo. Pored toga u svakom slučaju opadanje atmosferskog tlaka također je jedna indikacija približavanja centra tropskog ciklona.

Međutim, to je nesiguran pokazatelj jer rata opadanja (satno padanje) atmosferskog tlaka ponekad zavisi od dubine ciklona (tlaka u centru), od brzine kretanja centra ciklona po stazi, kao i od faze razvoja u kojoj se ciklon nalazi.

Nautičke tablice, izd. HI—JRM (tabl. 66), daju približnu udaljenost (u nautičkim miljama) od centra ciklona prema rati opadanja atmosferskog tlaka, ako se brod smatra nepokretnim.

* Na sjevernoj hemisferi desno, a na južnoj lijevo za 90°.



**207. Manevar brodom da se izbjegne centar tropskog ciklona.** — Pri navigaciji osnovno je da se u predjelima tropskih ciklona najprikladnijim *manevrom spriječi da brod uđe u polje* (opasan sektor) *tropskog ciklona. Prema toj vremenskoj pojavi treba se odnositi ozbiljno i postupati prema uputama koje davaju navigacijski priručnici.* Manevar da se izbjegne ciklon treba započeti na vrijeme. Brod treba da plovi kursom koji će sigurno voditi izvan staze ciklona, a ucrtavanjem pozicija centra ciklona, koje putem radija daju vremenski bilteni, analizira se situacija i po potrebi mijenjaju kurs i brzina broda. Međutim, takav manevar nije uvijek moguć, pa se brod može naći i u polju tropskog ciklona. Manevar koji brod u tom slučaju treba da učini zavisi od pozicije broda s obzirom na centar ciklona i smjer njegova kretanja. Istovremenim ucrtavanjem pozicija broda i centra tropskog ciklona ustanovljuje se polovica ciklona u kojoj se brod nalazi, a odmah zatim i kurs koji vodi što dalje od centra ciklona.

Ako je moguća brzina vožnje broda veća od brzine kretanja ciklona, a brod se nalazi na otvorenom moru, manevar zaobilaženja ciklona moći će se izvesti bez znatnih poteškoća. Ako je brzina kretanja ciklona veća od brzine broda, izvođenje tog manevra nije jednostavno. Nalazi li se brod u tom slučaju ispred centra ciklona, prolaz centra bliže brodu je neizbježan. Još jedino preostaje izabrati kurs koji će voditi brod na što većoj udaljenosti prolaza od centra ciklona. Taj zadatak najpraktičnije se rješava metodom relativna plotiranja na manevarskom dijagramu, kako to ovdje prikazujemo.

Primjer. Tropski ciklon kreće se brzinom 19 čv u procijenjenom smjeru 320°. Centar ciklona (C) nalazi se u smjeru 170° na procijenjenoj daljini od 200 M. Maksimalna trajna brzina broda je 10 čv.

*Traži se:*

a) kurs (Kp) kojim treba ploviti brzinom 10 čv da bi se postigla što veća udaljenost prolaza centra tropskog ciklona;

b) kolika je najmanja udaljenost prolaza;

c) potrebno vrijeme (Δt) do prolaza centra ciklona na najmanju udaljenost.

*Rješenje* (sl. 96 — prilog)

Brod se nalazi u središtu dijagrama (R) kao i na radaru s relativnim pokazivanjem. Za rješavanje trokuta CDR uzeto je mjerilo (skala) 20:1, a trokuta ABR mjerilo (skala) 2:1.

a) Ucrta se pozicija centra ciklona (C) na udaljenosti 200 M (skala 20:1) u smjeru 170° od broda (R).

Iz centra dijagrama (R) ucrta se vektor kretanja ciklona $\vec{RA}$ čiji je smjer 320°, a brzina 19 čv (skala 2:1). Iz A povuče se tangenta na kružnicu od 10 čv (skala 2:1), i to na suprotnu stranu od položaja centra ciklona (C). Iz centra dijagrama (R) povuče se okomica na ucrtanu tangentu i tako dobije tačka B. Vektor $\vec{RB}$ po svojoj duljini je brzina broda 10 čv. Smjer tog vektora daje traženi pravi kurs broda, Kp = 18°.

b) Relativno kretanje centra ciklona u odnosu prema brodu bit će od tačke C u smjeru vektora $\vec{BA}$ ako ciklon i brod zadrže iste elemente kretanja. Tačka najbližeg prolaza centra ciklona bit će u D, tj. u tački gdje okomica povučena iz centra dijagrama (R) siječe vektor relativnog kretanja ciklona ($\vec{CD}$). Udaljenost tačke D od R, mjerena na skali 20:1, iznosi 176 M.

c) Duljina vektora $\vec{BA}$ odgovara relativnoj brzini kretanja ciklona u odnosu prema brodu, a iznosi 16,0 čv (mjerena na skali 2:1). Ta se vrijednost zabilježi na najdonjoj skali logaritamskog nomograma. Relativna udaljenost (put) do prolaza centra ciklona ($\vec{CD}$) je 94 M (mjerena na skali 20:1). Ta vrijednost (smanjena deset puta)

zabilježi se na srednjoj skali nomograma. Produžena spojnica tih dviju tačaka siječe gornju skalu logaritamskog nomograma u 35,0 (uvečana deset puta iznosi 292). Proteklo vrijeme iznosi $350^m$ ili $5^h$ $50^m$ ($\approx$ 5 sati).

Odgovor: a) Kp = 018°; b) $d_{\perp}$ = 187 M; c) $\Delta t_{\perp} \approx$ 5 sati.

Centar ciklona bit će sasvim straga u trenutku njegova najbližeg prolaza od broda.

*Jedan način manevriranja brodom da bi se izbjegao opasan sektor odnosno centar tropskog ciklona pokazuje sl. 97.* Zadatak se rješava na navigacijskoj karti ili na običnom papiru u određenom mjerilu.

Navedena dva načina rješavanja zadataka pri manevriranju kad se brod nalazi u tropskoj ciklonskoj cirkulaciji pouzdani su ako se pozicija centra ciklona dobiva direktno od zrakoplovne patrolne službe. Međutim, ako se ona temelji na vremenskim radio-biltenima, nije potpuno pouzdana s obzirom na vrijeme proteklo od momenta motrenja (na osnovi kojih je bilten sastavljen). Za to vrijeme ciklon je mogao izmijeniti pravac svog kretanja. Upotrebom radara otklanja se ta nesigurnost, ali i tako dobiven smjer položaja centra ciklona nije uvijek siguran. *Zato je za određivanje polovice ciklona u kojoj se brod nalazi najpouzdaniji pokazatelj vjetar.* Ako u ciklonskoj cirkulaciji na sjevernoj hemisferi, pri zaustavljenom brodu, vjetar skreće udesno (ulijevo na južnoj hemisferi), to dokazuje da se brod nalazi u opasnoj polovici ciklona, a skretanje ulijevo (udesno na južnoj hemisferi) da se brod nalazi u podnošljivoj polovici horizonta. Međutim, ako se brod kreće, njegovo kretanje treba uzeti u obzir. Ako brod prestiže ciklon ili brzo vozi prema jednoj strani (što nije isključeno za vrijeme ranog stadija ciklona kada mu je brzina kretanja još mala), javlja se obratan efekt. To je obično praćeno s podizanjem atmosferskog tlaka, ali ako se brod kreće po nekoj izobari ili blizu nje, to ne može biti pouzdana indikacija. *Postoji li sumnja, najbolje je zaustaviti brod toliko dugo dok se konačno ne odredi u kojoj se polovici ciklona nalazi.* Ostaje li smjer vjetra nepromjenljiv (za brod koji stoji) i brzina vjetra raste, a tlak pada, brod je na stazi ciklona ili blizu nje. Ako vjetar ostaje nepromjenljiv, ali s opadanjem brzine i podizanjem atmosferskog tlaka, brod se nalazi na stazi iza centra ciklona.

*Sl. 97. Jedan od načina manevriranja brodom radi izbjegavanja opasnog sektora tropskog ciklona*

— Ciklon u položaju $C_1$ nakon kretanja u smjeru 340°, brzinom 6 čv.

Brod u $B_1$ plovi sa $K_p$ = 180° i brzinom 15 čv. Pošto je ucrtan sektor 1, mijenja se kurs u $K_p$ = 135°.

— Ciklon u položaju $C_2$ nakon kretanja u smjeru 20°, brzinom 10 čv.

Šest sati kasnije, u $B_2$ zapovjednik broda naredi promjenu kursa u $K_p$ = 225°.



O p ć a  p r a v i l a *za izbjegavanje centra ciklona od parobroda mogla bi se sumirati u slijedećem:*

Svaki tropski ciklon zahtijeva posebnu analizu i praćenje razvoja situacije. Prije nego se započne manevar, preporučuje se uvijek tzv. preventivno zadržavanje (zavlačenje) broda radi orijentacije. Brzina broda smanjuje se na minimalnu da bi skretanje vjetra bilo jedino kao rezultat kretanja ciklona. Pravo manevriranje u tropskom ciklonu počinje tek kad je određen tačan položaj broda prema centru ciklona.

a) S j e v e r n a  h e m i s f e r a

*U prvoj neizvjesnosti* o stazi ciklona postavi brod tako da mu vjetar dolazi s desne strane pramca (2—4 zrake).

*Brod desno od staze odnosno u opasnoj polovici ciklona.* Atmosferski tlak pada, a vjetar skreće prema krmi (za obje hemisfere). Postavi brod tako da ima vjetar u pola pramca desno (45° desno). U plovidbi drži dobro taj kurs (položaj prema vjetru) i prevali što veći put, tj. vozi najvećom brzinom sve dok se atmosferski tlak ne digne. Ako si primoran zaustaviti (zavlačiti) brod, to učini s valovima u pramac.

*Brod lijevo od staze odnosno u podnošljivoj polovici ciklona.* Atmosferski tlak pada, a vjetar ima tendenciju skretanja prema pramcu (za obje hemisfere). Postavi brod tako da ima vjetar u pola krme desno (135° desno). U plovidbi drži dobro taj kurs (položaj) i vozi najvećom brzinom sve dok se tlak ne digne. Ako si primoran zaustaviti (zavlačiti) brod, to učini s valovima u krmu.

*Brod na stazi ciklona, ispred centra ciklona.* Vjetar ne mijenja svoj smjer (za obje hemisfere). Postavi brod tako da vjetar puše po krmi dvije zrake desno (157,5° desno). U plovidbi drži dobro taj kurs (položaj) i vozi najvećom brzinom. Kad brod zađe u podnošljivu polovicu ciklona, manevar podesi kako je to prije navedeno.

*Brod na stazi ciklona, iza centra ciklona.* Vjetar ne mijenja svoj smjer (za obje hemisfere). Izbjegavaj centar ciklona s najpovoljnijim kursom, tj. s kursom u odnosu prema cilju putovanja, stazi i brzini ciklona, pazeći uvijek na tendenciju barometra i jačinu (na smjer) vjetra. Imaj na umu da staza tropskog ciklona zakreće prema N i E.

b) J u ž n a  h e m i s f e r a

*U prvoj neizvjesnosti* o stazi ciklona postavi brod da mu vjetar dolazi s lijeve strane pramca (2—4 zrake).

*Brod lijevo od staze ili u opasnoj polovici horizonta.* Postavi brod tako da vjetar puše u pola pramca lijevo (45° lijevo). U plovidbi drži dobro taj kurs (položaj prema vjetru) i vozi najvećom brzinom. Ako si primoran zaustaviti (zavlačiti) brod, to učini s valovima u pramac.

*Brod desno od staze ili u podnošljivoj polovici.* Postavi brod tako da ima vjetar u pola krme lijevo (135° lijevo). U plovidbi drži dobro taj kurs (položaj) i vozi najvećom brzinom. Ako si primoran zaustaviti (zavlačiti) brod, to učini s valovima u krmu.

*Brod na stazi ciklona i ispred centra ciklona.* Postavi brod tako da vjetar puše po krmi dvije zrake lijevo. U plovidbi drži dobro taj kurs (položaj) i vozi najvećom brzinom. Kad brod zađe u podnošljivu polovicu, manevar podesi kako je to prije navedeno.

*Brod na stazi ciklona i iza centra ciklona.* Izbjegavaj centar ciklona kao i na N hemisferi, s najpovoljnijim kursom. Imaj na umu da staza ciklona zakreće prema S i E.

Postoji još jedno najkraće pravilo iz doba brodova na jedra (staro više od 100 godina), koje preporučuje manevar broda u tropskom ciklonu kad vjetar skreće: *»Plovite li bilo kojim uzdama, zadržite ih ako vjetar skreće prema krmi, a smjesta ih promijenite ako vjetar skreće prema pramcu.«*

Također se preporučuje da brodovi koji iz Meksičkog zaljeva za vrijeme sezone tropskih ciklona plove za neku luku Sjeverne Amerike drže kurs što više prema istoku, tj. što dalje od obale iako time nešto gube na putu. To znači, bolje je da ih vjetar zatekne u opasnoj polovici ciklona nego u podnošljivoj, jer će im u tom slučaju uvijek biti moguće stići u predio otvorenog mora slobodan za plovidbu odnosno za manevar.

*Prije početka putovanja kroz područja gdje se javljaju tropski cikloni treba obavezno proučiti sve priručnike, upoznati se sa savjetima i uputama kako bi se izbjegle greške koje bi ugrozile sigurnost broda.*

*Korisno je proučiti peljarske karte ili posebne karte s ucrtanim stazama ciklona* za dati mjesec.

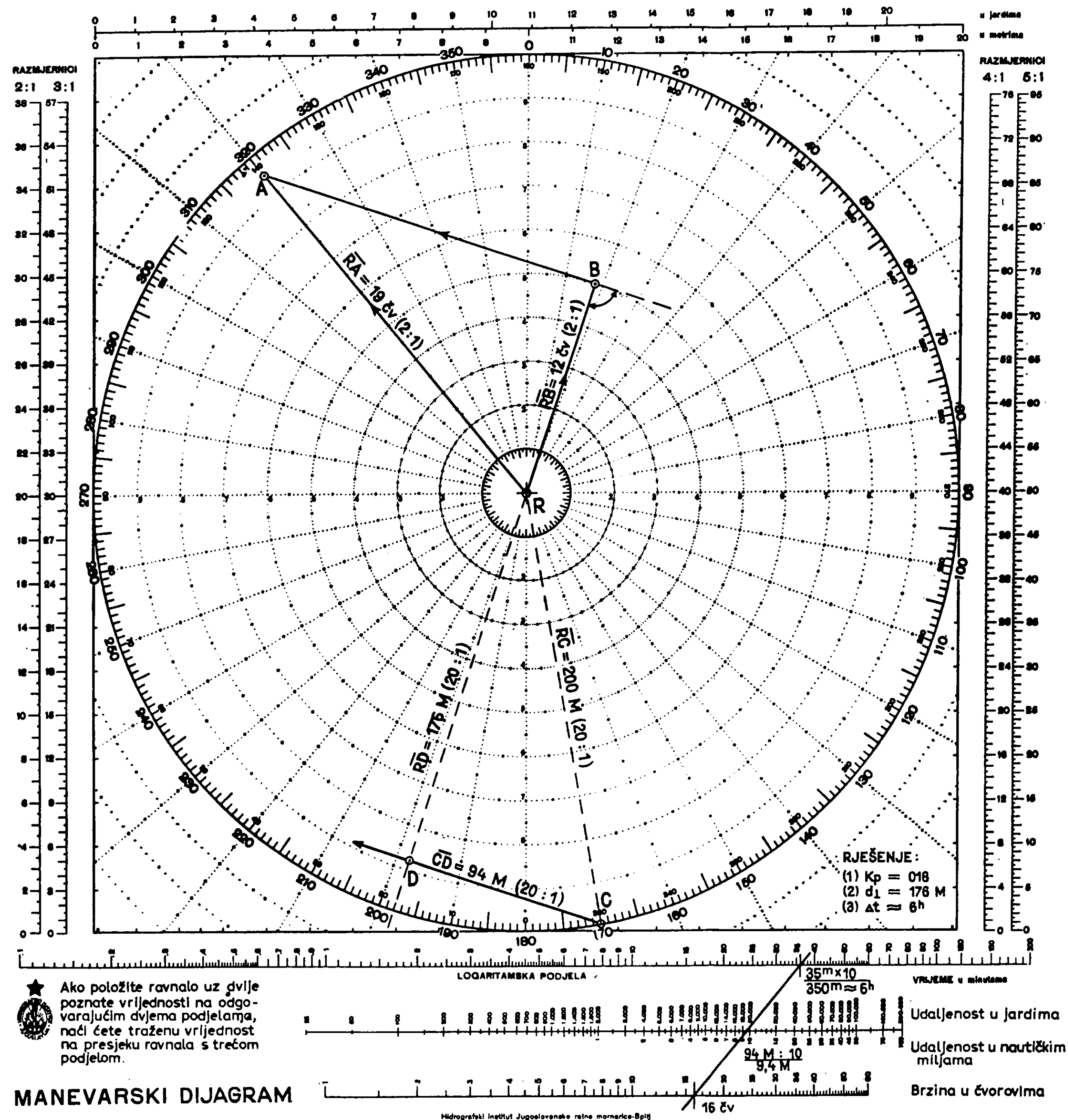
Čim se otkrije tropski ciklon, treba odmah prići posebnom pripremanju broda za olujno more kako bi štete bile što manje. Posebno treba obratiti pažnju na slobodne površine tekućina u tankovima.

**208. Morska pijavica (tromba).** — *To je manja vrtložna oluja ciklonskog karaktera,* koja se javlja iznad mora ili unutrašnjih voda. Vrtložno strujanje može biti konvergentno i divergentno. Iako se od uragana (tropskog ciklona) razlikuje po opsegu i manjoj razornoj moći, ipak može razviti znatnu razornu snagu. To nastaje zbog znatnih razlika u atmosferskim tlakovima na relativno malom prostoru. Najčešće se javljaju u tropskim predjelima, odnosno nad toplim morima, ali nisu rijetke ni u predjelima umjerenih geografskih širina, pa i na Jadranu. Javljaju se u toku cijele godine, ali su ljeti ipak češće nego zimi. Najzapaženije su u kasnu jesen, a najslabije u rano proljeće.

Zavisno od porijekla i vanjskog izgleda p i j a v i c e  s e  d i j e l e na dvije vrste: prave i lažne.

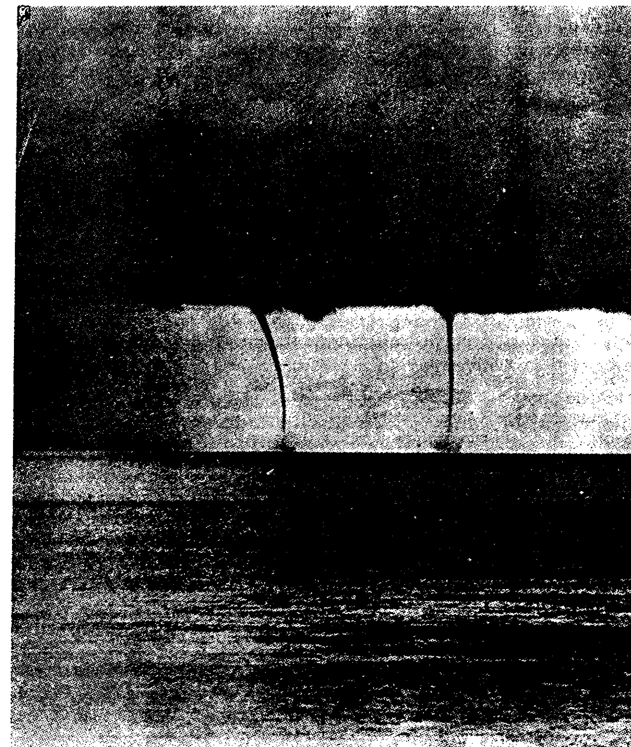
Kod *prave pijavice* njen se vrh formira u oblacima međusobnim djelovanjem zračnih strujanja suprotna smjera. Taj tip pijavice obično se javlja ispred hladnog ciklonskog fronta. Slična vrtložna oluja nad kopnom zove se tornado.

Drugi tip morske pijavice, koji smatramo *lažnom pijavicom,* pojavljuje se u nestabilnom zraku plitkih depresija, iznad vrlo tople vodene površine (npr. područje Golfske struje s abnormalno toplom vodom) gdje postoje uvjeti (visok postotak vlažnosti) da se može razviti lokalni vrtlog. U takvim slučajevima postoje i uvjeti formiranja oblaka ružnog vremena. Obično su to Cb-oblaci iz čije baze izlaze jedna ili više pijavica. Međutim, postojanje Cb-oblaka nije neophodan uvjet za stvaranje pijavica. One se ponekad javljaju i pri potpuno vedrom nebu.




*Sl. 96. Upotreba manevarskog dijagrama za proračun elemenata potrebnih da se izbjegne centar tropskog ciklona*

Opaska. U trokutu ABR umjesto $\overline{RB}$ = 12 čv treba stajati $\overline{\mathbf{RB}}$ = **10 čv.**



*Sl. 98. Morska pijavica (tromba)*

*Jedna ili više pijavica obično se pojavljuju iz baze olujnog Cb-oblaka, pri slabom vjetru ili tišini.* Prije, kao i nakon njena postanka, obično se pojavi kiša, i to najčešće s pljuskovima. Katkada vrtložno strujanje počinje na morskoj površini i može ostati samo nekoliko metara iznad nje. Međutim, normalno vidljiv početak pijavice je iz baze olujna oblaka, u formi tamna lijevka s vrhom prema dolje. Kada se to izduženje spusti približno do polovice visine oblaka, površina mora ispod oblaka počne »vreti«. U središtu te površine formira se također lijevak vodene pare, ali s vrhom prema gore. Kada se vrhovi obiju lijevaka spoje, cijela pojava dobiva izgled pješčana sata. U središtu lijevka pijavice vlada nizak atmosferski tlak u odnosu prema okolini (može biti niži i za 40—50 mb). Zbog toga pijavica, do izvjesne visine, usiše određenu količinu morske vode. Ona je vidljiva zbog plašta vodenih kapljica oko cijevi vrtloga. Njen tamni izgled potječe od kondenzirane vodene pare, u razrijeđenom zraku, koja se kroz središte cijevi vrtloga uspinje prema gore. Duge pijavice obično su uže, a kratke imaju veći promjer. Visina pijavice zavisi od visine baze oblaka, odnosno od uvjeta vlažnosti u atmosferi — što je zrak vlažniji, pijavica će biti kraća i šira, i obratno. Dijametar baze pijavice varira od nekoliko do par stotina metara. Cijev lijevka pijavice uvijek je uža od njegove baze. Visina joj varira od 100 do 1 000 m.

*Brzina kretanja pijavice* je različita. Može biti gotovo nepokretna i može se kretati i brzinom do 60 čv, a da pri tom jačina površinskog vjetra može iznositi svega 4—5 Beauforta. Pijavice se mogu kretati bez obzira na centre niskog tlaka, a mogu se kretati niz vjetar, protiv njega ili pod bilo kojim kutom u odnosu prema površinskom vjetru. Budući da je vezana uz oblak, smjer i brzina kretanja pijavice općenito odgovara kretanju oblaka. Može imati i sasvim obratan smjer, i u tom slučaju brzo nastupa kidanje cijevi vrtloga. Trajanje morske pijavice je različito, od $4^m$ do $55^m$.

*Morske pijavice mogu imati karakter slabog vrtloga (laganog povjetarca) do vrtloga uraganske jačine.* U svakom slučaju manji su brodovi (pogotovu jedrenjaci) izloženi opasnosti ako dospiju u vrtložno strujanje. Osim vjetra, pijavice nose veće količine oborina (vode, grada i snijega). Nestankom pijavice odmah nastupaju jaki pljuskovi kiše, a ponekad i kratkotrajne oluje.

**209. Tornado.** — *Tornado možemo smatrati vrtložnom olujom većeg opsega od morske pijavice* (trombe), *a manjeg od uragana.* Ima ih u svim krajevima svijeta, naročito se javljaju u zoni ekvatorijalnih tišina, u Gvinejskom zaljevu (za vrijeme SW monsuna), oko Antilskih otoka, u Bengalskom zaljevu, uz zapadnu obalu Centralne Amerike i dr. Najžešći tornadi poznati su nad teritorijem SAD, odakle su i dobili svoj naziv. Kod nas su vrlo rijetki. Obični *tornadi opasniji su za kontinentalne objekte (građevine) nego za brodove.*

Poput morske pijavice, tornado se stvara u srednjim visinama atmosfere ispod olujnih Cb-oblaka, često oblika Mammatocumulusa. Oblaci su naročito tmurni zbog njihove velike vertikalne debljine. Tornado se razvija obično u četiri faze: formiraju se olujni oblaci, pojavljuje se lijevak (surla) ispod oblaka, lijevak se spušta prema Zemlji i lijevak siše prašinu (zemlju — more) i ruševine prema gore. Tako se stvara jako vrtložno-uzlazno strujanje zraka velike brzine, i to u ciklonalnom smjeru. Rušilačko djelovanje tornada nastaje kao posljedica vrtložnog strujanja vjetra koji blizu vrha (centra) lijevka često doseže brzinu do 300 čv. Tome se dodaje ekstremno niski atmosferski tlak koji se trenutačno javlja u središtu tornada i koji izaziva eksplozije zatvorenih zgrada utjecajem unutrašnjeg normalnog tlaka. Drugo je rušilačko djelovanje pod utjecajem uzlaznih strujanja u centru lijevka tornada koja sišu predmete sa zemlje noseći ih i po nekoliko stotina metara. Nad vodenim površinama lijevak tornada ponekad diže vodeni stup sličan pijavici.

*Tornado srećom ima relativno mali dijametar, oko 250 m* (površine 2/3 $M^2$). Oko tornada, u centru, je malo, i njega karakteriziraju vedrina i relativno lagan vjetar. Tornado prati nizak tlak s malim radijusom (5—10 M). Njegovo rušilačko djelovanje u širini dijametra nad istom tačkom Zemlje traje prosječno oko $15^s$, a prosječni kontakt sa Zemljom uzduž njegove staze je oko $8^m$.

Iznad ravnih površina tornado ima približno pravocrtnu putanju, koja može odstupati u stranu oko 1% prevaljena puta. Brežuljci i umjetne građevine mogu tu stazu izmijeniti ili sasvim skrenuti. 90% tornada iznad SAD kreće se od SW prema NE, jer se u tom pravcu kreću tople vlažne mase u kojima se oni i stvaraju. To je ujedno i generalni smjer staze tornada uopće.

*Općenito u proljeću ima najviše tornada.* Svibanj je mjesec u kojemu se uglavnom stvaraju tornadi iznad SAD. Općenito, u dijelu SAD blizu Meksičkog zaljeva tornadi se javljaju u ožujku, u središnjem dijelu u travnju i svibnju, a u sjevernim predjelima u lipnju i srpnju.



*Tornadi se obično ne javljaju prije podne.* Više od 80% opaženih tornada pojavili su se između 12.00 i 21.00 sat. Godišnje se u SAD pojavi prosječno 120 tornada.

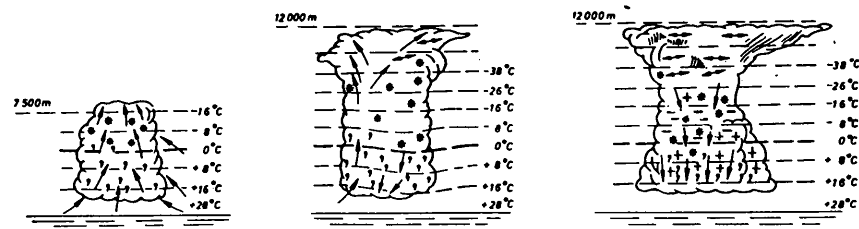
*Tornado je teško predskazati jer je to lokalna pojava.* Zbog toga su važna osobna motrenja stanja neba i okoline. Uz aktivnost Cb-oblaka, kao prvi predznak tornada na horizontu pojavi se crni olujni oblak s gornjim rubom u obliku luka koji se lagano uzdiže. Ispod tog oblaka javlja se lijevak tornada. Kad se oblak znatno približio zenitu, oluja naglo udara najvećom žestinom. Od prvih predznaka tornada do početka oluje obično prođe oko pola sata, i zato je nužno brzo izvršiti sve mjere predostrožnosti koje se odnose na sigurnost broda. Atmosferski tlak je slab predznak tornada, jer on naglo pada tek u trenutku kad tornado prolazi preko broda. Međutim, čovječja čula reagiraju na pojavu tornada. Oči se iritiraju od neprirodne svjetlosti izazvane sijevanjem. Sluh se poremeti od grmljavine koja se katkada čuje i na 25 M. Njuh se poremeti od prašine i zadaha po gorućem sumporu, najvjerojatnije kao posljedica električnog pražnjenja u atmosferi. Ali najkobnije su leteće krhotine kao ostaci oštećenih objekata. Ponekad se tornado može otkriti i pratiti pomoću radara.

### (2) Vremenske nepogode (nevere)

**210. Općenito.** — Nagla kondenzacija vodene pare u obliku Cu-oblaka, spojena s električnim pražnjenjima, pljuskovima ili gradom i jakim udarcima vjetra, karakterizira nenadane atmosferske poremećaje koje nazivamo nepogodama ili, ako nastupaju u malim razmjerama — neverama, odnosno neverinima.

Cu-oblak (središte potpuno razvijene nepogode), grmljavina i sijevanje, kiša i grad, te vjetar, glavni su elementi svake nepogode. Taj tip oblaka nastaje u jakoj ulaznoj struji vlažnog zraka. U početku gornji dio Cu-oblaka ima oblik okrugle glave ili više oblika glava s oštrim rubom. S pojačanjem kondenzacije glava postepeno prelazi u plosnat sloj do stvaranja oblaka s nakovnjem — Cb-oblak. Razvoj olujna oblaka prikazuje sl. 99.

**211. Termičke (lokalne) nepogode.** — Termičke nepogode posve su lokalna karaktera i normalno kratkotrajne. Nastaju za sparnih dana toplog dijela godine, pri jednolikom zračnom tlaku i tišini, jačoj insolaciji i vlažnom zraku. Ljeti su gotovo svakidašnja pojava, a zimi vrlo rijetke. Prostorno zahtijevaju male površine i imaju svoje stalno mjesto odnosno predio nad kojim se stvaraju. Obično se mogu predvidjeti na kratko vrijeme prije njihova stvaranja, i to putem motrenja promjena meteoroloških elemenata, ili samo neposrednim pu-




*Sl. 99. Faze razvoja olujnog oblaka*

tem, tj. boraveći u dotičnom mjestu. *Najčešće se javljaju u popodnevnim satima, i to gotovo uvijek u približno isto vrijeme.* Nestaju gotovo uvijek prije nastupa noći (nakon dnevnog maksimuma temperature).

Pored jake Sunčeve insolacije, *glavni je faktor* stvaranja tih nepogoda postojanje određene konfiguracije obale i vodenih površina, a posebno vlažnih ravnica (močvara) ili mora oko planinskih padina. Iznad tih vlažnih predjela stvara se veća razlika u temperaturi po visini nego što bi ona odgovarala adijabatskom hlađenju. Tako jako zagrijan i vlažan zrak donjih slojeva diže se snažno uvis kao topla uzlazeća struja i na taj način stvara se labilna ravnoteža u atmosferi. Gornji hladniji slojevi zraka spuštaju se prema dolje kao hladna silazeća struja. Takav sistem vrtložna strujanja zraka izaziva nagomilavanje velike količine vodene pare na visini gdje se ona naglo kondenzira i na taj način nastaje olujni Cu-oblak, odnosno termička nepogoda (pljuskovi i jak vjetar).

R a z v o j t e r m i č k e n e p o g o d e povezan je za razvoj olujnog Cu-oblaka (sl. 99).

a) *Faza stvaranja velikih Cu-oblaka* (Cumulus congestus) prva je u razvoju nepogode. Taj oblak razvija se u olujni Cb-oblak kada zračne struje u njemu dosegnu visinu oko 7 500 m (25 000 stopa). U svom vertikalnom razvoju taj oblak nadvisuje izotermu od 0°C barem 2—3 km. S razvojem Cb-oblaka završava ova faza razvoja nepogode (sl. 99.a).

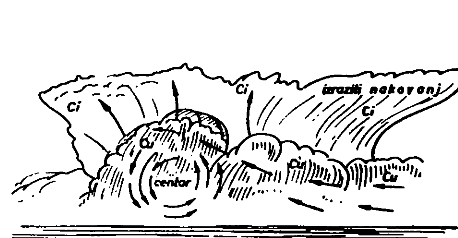
b) *Faza potpunog razvoja nepogode* počinje kada uzlazna strujanja zraka dosegnu nivo kondenzacije. Prije je zrak oblaka bio topliji od okolnog zraka. Sada kiša i ledeni kristali hlade zrak, pa on struji prema dolje i ohlađen spušta se do Zemljine površine. Slika 99.b prikazuje udubljenje površina visinskih izoterma prema dolje.

c) *Završna faza nastupa* kad se iscrpi energija uzlaznog strujanja i tada se udubljene površine visinskih izoterma poravnaju i cio Cb-oblak nije ništa drugo već samo spuštajući zrak koji se adijabatski zagrijava. Cb-oblak počne gubiti na izgledu. Budući da nema uzlaznih strujanja, nema ni hlađenja. Oborine postaju neznatne, a zatim prestaju. Stalni vjetrovi gornjeg zraka zapuhuju dio vrha olujna oblaka (ledenih kristala) i razvijaju ga u tipični vršni nakovanj (sl. 99.c).

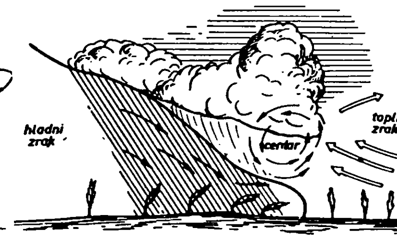
Uzlazne struje prednje strane (obično istočne) izazivaju na tom prostoru niži atmosferski tlak, a nizlazne nose oborine i izazivaju visok tlak na stražnjoj (zapadnoj) strani prostora koji zahvaća nepogoda. Takav raspored tlaka stvara u prizemlju vjetar od stražnje strane (W) prema prednjoj (E). Poslije izvjesnog vremena zbog takva strujanja zraka atmosferski tlak se izjednačuje i oluja prestaje. Smjer vjetra poklapa se sa smjerom kretanja nepogode.

Termičke (lokalne) nepogode popraćene su grmljavinom i oborinama, obično u obliku kratkotrajna pljuska. *Predznaci tih nepogoda uglavnom su ovi:* jako vruće i sparno vrijeme, pojava Cu-oblaka, a zatim Cb-oblaka, pad atmosferskog tlaka, a prodiranjem hladnog zraka krivulja koju opisuje barograf (barogram) čini nagli skok, temperatura neprestano raste do skoka barometra, relativna vlaga najprije opada, a poslije najjačeg udara raste, vjetar iz početka lagan i topao, a pred sam početak nepogode jak i suprotna smjera (naročito opasno za brodove u sidrištu). Stišavanjem vjetra nepogoda iščezava, a zatim se vrijeme razvedrava.





*Sl. 100. Shema olujnog oblaka i oluje*



*Sl. 101. Shema dinamičke (frontovne) oluje*

*Na našoj obali takve termičke nepogode nazivaju se neverini.* Manji brodovi, naročito jedrenjaci, u trenutku udara olujnog vjetra suprotna smjera (»škontradure«) mogu doživjeti jake neugodnosti, pa i oštećenja (t. 111).

Popodnevne kratkotrajne nepogode *u tropskim predjelima,* naročito u predjelu ekvatorijalnih tišina, imaju također karakter termičke nepogode.

**212. Dinamičke (frontovne) nepogode.** — Te nepogode nisu lokalna karaktera. Za razliku od termičkih, *povezane su s postojećim ciklonalnim vremenom,* pa se zato nazivaju frontovnim nepogodama. Najčešće su pratioci hladnog (olujnog) fronta i napreduju zajedno s njim, i to obično od W prema E, brzinom oko 40 čv, pa i sam karakter vremena nepogode odgovara karakteru vremena koje prati dotični front. Žestina tih nepogoda ovisi o razvijenosti samog fronta. Pojavljuju se u toku cijele godine, ali ipak češće u njenom hladnijem razdoblju. Nisu usamljene kao termičke nepogode, već se razvijaju po nekoliko uzduž cijelog fronta.

U zoni hladnog fronta polarni zrak uvlači se u obliku klina ispod toplog zraka i potiskuje ga uvis brzinom i iznad 10 m/s. Posljedica je takva snažna uzdizanja zraka nagla kondenzacija u obliku gomilastih Cu-oblaka i žestokih oborina. To uzrokuje jačanje vertikalnog zračnog strujanja (vrtloga) u suprotnom smjeru kazaljke na satu. Vjetar kruži oko horizontalne osi okomite na smjer kretanja fronta, i to u prizemlju od hladnog zraka prema toplom, a na visini u suprotnom smjeru. Nepogoda obično ne traje više od 15 minuta, ali vjetar koji puše oluji ususret može biti naročito opasan za brodove na sidrištu.

*Frontovne nepogode najviše se javljaju u srednjim širinama. Više ih ima nad kopnom nego nad morem.*

*Predznaci frontovne nepogode uglavnom su ovi:* u početku je atmosferski tlak nestalan, a zatim pada; temperatura je prilično visoka, a vlaga u porastu; na zapadu se najprije pojavljuju visoki Ci-oblaci, a zatim srednji Ac-oblaci i na kraju niski oblaci (Cb i Ns). Često se javlja lagan vjetar, ali iz smjera protivnog smjeru dolaska nepogode, tj. smjeru najjačeg vjetra.

Sama nepogoda počinje s naglim jačanjem vjetra i s promjenom njegova smjera u smjeru kazaljke na satu, od S preko W prema N. Barometar je u početku nestalan, zatim naglo pada, a u času prolaza hladnog fronta temperatura naglo raste (kljun depresije) i relativna vlaga je u padu (kod umjerenog južnog vjetra). Na kraju se javlja niski olujni oblačni sloj koji se kreće od horizonta prema motriocu poput velikog valjka ispred kojeg se opaža tamna zavjesa oborina (olujni zid) i često s grmljavinom i sijevanjem (sl. 100 i 101).

Poslije nekog vremena atmosferski tlak prestaje opadati i vjetar se stišava. Kada prateći oblak stigne gotovo nad motrioca, vjetar zapuše velikom jačinom, i to iz smjera pojave nepogode (obično iz smjera W — NW). Atmosferski tlak naglo raste, kao znak prolaza hladnog fronta. Temperatura i vlaga prilično su niske. Razlike u temperaturi ispred i iza fronta mogu biti $10^0 — 15^0$C. Sve to traje oko $15^m$, a zatim puše vjetar promjenljiva smjera sa skretanjem na N. Javljaju se vedrine i skupine oblaka vertikalna razvitka.

*Dinamičke nepogode pretežno se javljaju u jesen, po danu i noći.* Da bi se moglo predvidjeti njihovo stvaranje, važno je uočiti mogućnost formiranja ciklona, odnosno hladnog fronta, koji stalno prati tu vrstu nepogode. Pojedine nepogode mogu trajati 1 — 2 sata (zimi kraće, u jesen najduže).

Obavještenjima putem radija, odnosno posebnim lučkim signalima, obavještavaju se brodovi o dolasku takve nepogode (nevere) (t. 231).

UPOREĐENJE RAZLIČITIH ATMOSFERSKIH POREMEĆAJA

| Poremećaj | Dijametar površine | Trajanje | Maksimalna brzina vjetra |
|---|---|---|---|
| Ciklon (depresija) | 1 500 M | nekoliko dana | 100 čv |
| Tropski ciklon | 20 — 400 M | nekoliko dana | 150 čv |
| Tornado | 1 M | 1 — 2 sata | 300 čv |
| Pijavica (tromba) | 1 — 10 m | nekoliko sati | — |

## 5. ANALIZA VREMENSKE KARTE

**213. Općenito.** — Za predviđanje budućeg razvoja vremena potrebno je analizirati sadašnje (postojeće) vrijeme i povezati ga s prošlim (prethodnim). Takvu analizu vremena možemo vršiti ako »sinoptički« na širem geografskom prostoru prikažemo sve one meteorološke elemente i pojave od kojih istodobno zavisi vrijeme. U tu svrhu upotrebljavaju se posebne geografske karte poznate pod nazivom sinoptičke ili vremenske karte (t. 214).

Osnovni materijal za sastavljanje sinoptičkih karata sačinjavaju istodobna meteorološka mjerenja koja se vrše na kopnenim i brodskim sinoptičkim stanicama. Te stanice odmah nakon motrenja šalju putem radija podatke odnosnim obalnim radio-stanicama odnosno sabirnim meteorološkim centrima. Poslije sređivanja prikupljenih podataka oni se dalje predaju određenom regionalnom centru. U svijetu postoji veći broj tih centara koji na određenim valnim dužinama (frekvencijama) i u određeno vrijeme primaju i emitiraju podatke u obliku vremenskih biltena (t. 229).

*Metoda rada koja se pri analizi vremenskih stanja služi sinoptičkim kartama i drugim pomoćnim sredstvima zove se sinoptička metoda odnosno sinoptička analiza.*



Krajnji je cilj sinoptičke analize da na osnovi položaja i osobina zračnih masa, frontova i baričkih sistema (ciklona i anticiklona) u određenom terminu, na karti nađe njihov budući položaj i buduće karakteristike, tj. da sastavi sinoptičku prognozu vremena.

**214. Sinoptička (vremenska) karta.** — To je karta određenog geografskog područja, na kojoj je pored mreže meridijana i paralela unijeta i mreža sinoptičkih stanica. Izrađuju se u raznim mjerilima i formatima. Po pravilu, površina karte proteže se više na zapad nego na istok od područja za koje se daje prognoza vremena. To se objašnjava time što u umjerenim geografskim širinama prevladavaju kretanja zraka i atmosferskih poremećaja sa zapada prema istoku.

Radi jasnoće reljefa, boljeg raspoznavanja kopna i mora, karte su obojene blagim tonovima. Pravilo je da se vodene površine boje svijetloplavim bojama, a kopnene površine i brda, kao i konture uopće, nijansama smeđe (oker) boje. Ako se upotrebljava samo jedna boja, tada je to oker ili smeđa.

Položaj svake sinoptičke stanice označen je na karti malim kružićem koji se zove *stanični krug.* Oko staničnog kruga, po shemi staničnog modela (t. 215) pomoću simbola i brojki, upisuju se određeni meteorološki elementi dobiveni istodobnim mjerenjima na sinoptičkim stanicama s određenog geografskog područja. U zaglavlju karte upisuje se naslov karte, a uz njega (obično desno) godina, dan i sat na koji se odnose ucrtani podaci.

*Za brodove i lučke potrebe* vremenske karte povezane su u *blokove malog formata s listovima koji su sa strane perforirani.* U te karte ne unose se samo podaci primljenih meteoroloških izvještaja već i podaci o kretanju oluja (tropskih ciklona, tromba, tornada i sl.). Danas većina brodova upotrebljavaju te karte za crtanje sinoptičkih kozultacija prema Ključu FM 46. D IAC FLEET (t. 217—218), kao i za rješavanje odnosnih zadataka pri vođenju meteorološke navigacije (t. 236).

Karta s unesenim podacima oko staničnog kruga i s označenim baričkim sistemima i drugim meteorološkim pojavama koje karakteriziraju vrijeme postaje sinoptička karta (sinoptic chart), ali se često naziva i vremenska karta (weather map).

Sinoptičke karte d i j e l e se na prizemne i visinske.

*Prizemne karte* sadrže podatke površinskih sinoptičkih motrenja i kao takve imaju posebno značenje za brodove.

*Visinske karte* sadrže podatke aeroloških motrenja dobivenih radio-sondama, pilot-balonima, zrakoplovima, meteorološkim raketama i satelitima. Na njima su prikazana barička polja za visine 1,5 — 3 — 5 km itd., odnosno standardne nivoe 850, 700, 500, 300 mb itd. Te se karte nazivaju još i karte apsolutne topografije (AT) jer je visina izobaričkih površina dana iznad razine mora. Postoje i karte relativne topografije (RT) koje prikazuju stanje između dvije visinske izobaričke površine (obično 500/1 000 mb). Na visinskim kartama, pored podataka o visini izobaričke površine, unose se i podaci o temperaturi zraka, o temperaturi rosišta i podaci o vjetru. Uz njih se koriste vertikalni presjeci troposfere, različiti aerološki dijagrami i druga pomoćna sredstva.

U SFRJ osnovna prizemna sinoptička karta je karta Evrope. Izrađuje se za osnovne sinoptičke termine (00.00, 06.00, 12.00, 18.00). Služi za prognozu vre-

mena do 48 sati. Dopunjuje je karta SFRJ, a po potrebi i karta Sredozemlja, koje se izrađuju svaka tri sata. Ta karta služi za izdavanje zrakoplovnih i kratkoročnih prognoza. Visinska karta SFRJ izrađuje se za 00.00 i 12.00 SGV.

Za izradu sinoptičke karte potrebni su odgovarajući *međunarodni ključevi (kodovi)* kako bi vremenski izvještaji bili razumljivi bez obzira na područje plovljenja i jezik zemlje koja ih emitira. Sistem ključeva sastoji se u tome da svakom meteorološkom elementu odgovara jedna šifra u obliku broja, a svakoj šifri jedan simbol (grafički znak ili kodirani broj) koji ima tačno određeno mjesto u odnosu prema položaju meteorološke stanice na karti.

*Za dešifriranje izvještaja radi crtanja sinoptičke karte na brodu, dolaze u obzir ključevi FM 21 D SHIP (za površinski izvještaj s broda u punom obliku)* (t. 175) *i FM 11. D SYNOP (za površinski izvještaj sa kopnene stanice)* (t. 174).

**215. Stanični model.** — Položaj kopnene meteorološke stanice na karti određen je tzv. staničnim krugom (staničnim kvadratom kad je stanica iznad 500 m nadmorske visine). Umjesto naziva, pored svakog ucrtanog staničnog kruga upisan je broj stanice. Grupa (II) iii dešifrirana po ključu FM 11. D SYNOP označava položaj kopnene stanice*. Za ucrtavanje podataka primljenih s brodova, stanični krug ucrtava se prema poziciji broda za vrijeme motrenja. Grupe $99L_aL_aL_a$ i $Q_cL_oL_oL_oL_o$ dešifrirane po ključu FM 21. D SHIP daju geografske koordinate zbrojene pozicije broda.

*Za ucrtavanje podataka oko staničnog kruga postoji tzv. stanični model* (The plotting model) (sl. 102). Podaci se unose na kartu po tom modelu s najvećom tačnošću. U protivnom analiza karte bit će otežana. Stanični model orijentiran je u smjeru sjever—jug. Ispisuje se u jednoj boji, obično crno ili plavo. Neke službe upotrebljavaju dvije ili više boja.

Stanični krug prikazuje vidljivo nebo na poziciji stanice. Količina naoblake označuje se ispunjavanjem staničnog kruga u osminama prema tablici na str. 228. Radi jednostavnosti, količina naoblake može se označavati i u četvrtinama. Oko staničnog kruga ucrtavaju se meteorološki podaci prema propisanom staničnom modelu. Nedostaju li neki podaci, ta se mjesta označavaju sa X ili ostaju prazna. Držeći se strogo određenog staničnog modela, znamo tačno što koji podatak po svom položaju znači.

Prema p u n o m s t a n i č n o m m o d e l u jedne kopnene stanice upisani elementi na prizemnoj sinoptičkoj karti imaju ovaj raspored:

*U staničnom modelu brojkama se unose elementi* kao npr.: PPP — pp — TT — $T_eT_e$ — $T_gT_g$ — $T_dT_d$ — $T_wT_w$ — VV — $N_h$ — h — RR — $P_w/H_w$ — $v_s$. *Oznakama (simbolima) prema posebnoj tablici* (sl. 105. do 107) *unose se:* vjetar — N — $C_H$ — $C_M$ — $C_L$ — $E_s$ — ww — W — a — $d_wd_w$ — Ds. Sve navedene oznake u cijelosti moraju poznavati sinoptičari. Pomorci se obično koriste dijelom oznaka koje se odnose na skraćeni odnosno reducirani stanični model.

*Na staničnom modelu ucrtanom prema jednom SYNOP-izvještaju* (sl. 102) *prikazano je ovo prizemno stanje vremena:* Ukupna oblačnost 7/8; smjer vjetra WSW; brzina vjetra 9 čv (3 Bf); vidljivost 3 km; sadašnje vrijeme — sumaglica; prošlo vrijeme — kiša; atmosferski tlak 1010,5 mb; stvarna temperatura zraka +8°C; količina niskih oblaka — 5/8; vrsta niskih oblaka — Sc; visina niskih oblaka — 400 m; vrsta srednjih oblaka — Ac; vrsta visokih oblaka — Ci; stanje tla — vlažno; atmosferski tlak raste pa pada — za tri posljednja sata porastao 0,9 mb; visina oborina za posljednjih 12 sati 4,0 m/m; maksimalna temperatura zraka +15°C; tačka rošenja 8°C.

---

* Brojke (II) koje označuju neke važnije evropske i sjeveroameričke meteorološke rajone (države) jesu ove: 01 — Norveška; 02 — Švedska i Finska; 03 — Velika Britanija i Irska; 04 — Island i Grenland; 06 — Danska, Faroe otoci, Nizozemska, Belgija i Luksemburg; 07 — Francuska; 08 — Španjolska, Gibraltar, Portugal i Bahamski otoci; 10 — SR Njemačka; 12 — Poljska; 13 — Jugoslavija i Albanija; 15 — Rumunjska i Bugarska; 16 — Italija, Malta i Grčka; 17 — Turska i Cipar; 20 — 39 SSSR; 40 — Sirija, Libanon, Izrael i Jordan; 60 — Alžir, Maroko i Tunis; 72 — SAD i Kanada i dr.

Brojke (iii) označavaju broj meteorološke stanice dotičnog rajona, npr. 110 — Trst, 208 — Pula, 332 — Split, 438 — Palagruža itd.

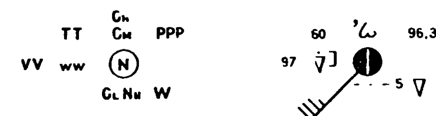


| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $T_gT_g$ | $T_eT_e$ | $C_H$ | $E_s$ | |
| | TT | $C_M$ | PPP | |
| VV | ww | (N) | pp | a |
| | $T_dT_d$ | $C_LN_h$ h | W | |
| | $T_sT_s$/$T_wT_w$ | $d_wd_w$ $P_w/H_w$ | RR $D_sV_s$ | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| minimalne temperature zemlje | ekstremne temperature | vrsta visokih oblaka | stanje tla | |
| | temperatura zraka | vrsta srednjih oblaka | barometarski tlak | |
| horizontalna vidljivost | sadašnje vrijeme | ukupna naoblaka | vrijednost baromet. tendencije | karakteristika baromet tendencije |
| | temperatura rosišta | vrsta, količina visina niskih oblaka | prošlo vrijeme | |
| | razlika temp / temp mora | podaci o valovima | visina oborina / kretanje broda | |

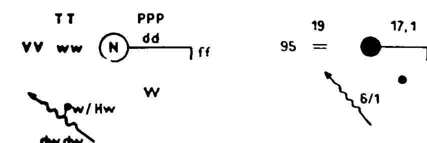
*Sl. 102. Puni stanični model*

Postoji i s k r a ć e n i s t a n i č n i m o d e l. Iz slike staničnog modela npr. obalne stanice (sl. 103.a) vidi se da je on zapravo samo dio punog staničnog modela. Taj model može još biti dopunjen i podacima o valovima.



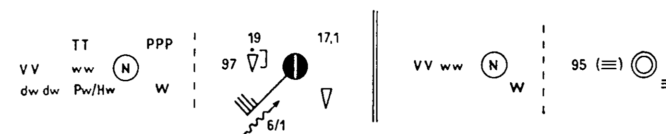

*Sl. 103.a Skraćeni stanični model SYNOP*

Sl. 103.b prikazuje *skraćeni stanični model* popunjen na nekoj prizemnoj sinoptičkoj karti prema jednom *SHIP-izvještaju.*




*Sl. 103. b Skraćeni stanični model SHIP*

Još je kraći od prethodnog r e d u c i r a n i s t a n i č n i m o d e l. Za izvještaj poslan s broda, stanični model obično izgleda reduciran na jedan od ovih načina:




*Sl. 104. Reducirani stanični model*

**216. Ucrtavanje meteoroloških elemenata u prizemnu vremensku kartu.** — Meteorološki podaci koji prikazuju atmosferske uvjete u prizemnim slojevima atmosfere ucrtavaju se prema izabranom staničnom modelu.

**a)** Postupak popunjavanja staničnog modela pojedinim simbolima na osnovi prizemnih motrenja, po jednobojnom sistemu:

Podaci šifriranih grupa $99L_aL_aL_a$, $Q_cL_oL_oL_oL_o$ i $YYGGi_w$ (SHIP-izvještaj s brodova) i grupa YYGG i (II) iii (SYNOP-izvještaji s kopnenih stanica) moraju biti pažljivo provjereni prije ucrtavanja kako bi se izbjegle greške s obzirom na starost podataka i položaja kopnene stanice odnosno geografskih koordinata pozicije broda. Nakon toga unose se meteorološki elementi po izabranom staničnom modelu, i to onim redom kojim su primljeni.

N — *ukupna oblačnost.* Obilježava se grafički, popunjavanjem staničnog kruga jednim od simbola prema tablici na sl. 107.

*dd — smjer prizemnog vjetra.* Smjer vjetra prikazuje se strelicom, koja svojim položajem pokazuje smjer vjetra, kao i na peljarskoj karti (Pilot chart). Vrh strelice dodiruje stanični krug. Pri crtanju vremenske karte, kao i pri šifriranju meteoizvještaja, smjer vjetra zaokružuje se na 10°.

*ff — brzina prizemnog vjetra.* Brzina vjetra šifrira se i ucrtava samo u čvorovima. Označava se percima i plamencima (trokutima), prema simbolima od 00 do 70 čv koje pokazuje tablica na sl. 105. Dugačko perce označava brzinu vjetra 10 čv (5m/s),

| vjetar (smjer - dd, jakost - ff) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| čv | simbol | čv | simbol | posebni slučajevi |
| 1 – 2 | | 38 – 42 | | dd = xx<br>dd = 99 |
| 3 – 7 | | 43 – 47 | | |
| 8 – 12 | | 48 – 52 | | ff = xx |
| 13 – 17 | | 53 – 57 | | |
| 18 – 22 | | 58 – 62 | | dd i ff = xx |
| 23 – 27 | | 98 – 102 | | |
| 28 – 32 | | 103 – 107 | | vjetar na mahove |
| 33 – 37 | | 108 – 112 | | 45 |

Primjeri: dd = NW, ff = 20 čv; dd = SE, ff = 40 čv

Sl. 105. *Tablica sinoptičkih znakova za vjetar*



kratko perce 5 čv (2,5 m/s), a plamenac 50 čv (25 m/s). Perca i plamenci ucrtavaju se na lijevoj strani strelice za stanicu sjeverne geografske hemisfere, a na desnoj strani strelice za stanicu južne hemisfere, tj. okrenuta su uvijek prema strani sa nižim atmosferskim tlakom.

Ako u području stanice nema vjetra (ff = 00), tišina se označava ucrtavanjem još jedne kružnice oko staničnog kruga.

*VV — najmanja horizontalna vidljivost.* Kodirana vrijednost vidljivosti upisuje se prema posebnoj tablici.

*ww — sadašnje vrijeme.* Simboli kojima se označuje sadašnje vrijeme navedeni su u tablici na sl. 106.

*W — prošlo vrijeme.* Simbol za označavanje prošlog vremena dan je u tablici na sl. 107. Obuhvaća opis vremena za proteklih šest sati u četiri glavna termina i time s podatkom ww daje mnogo kompletniju informaciju o stanju i razvoju vremena. Pri motrenjima u međuterminima prikazuje vrijeme samo prethodna tri sata.

*PPP — atmosferski tlak.* Unosi se u mb kao što je upisan u izvještaju. Uvijek se upisuje s tri brojke: desetice, jedinice i desetinke vrijednosti mb (npr. za 1010,5 mb upisano je 105). Ako je primljeni izvještaj šifriran po ključu SHRED ili ako se desetinke mb ne mogu pročitati, tlak se daje bez desetinki (PP).

*TT — temperatura zraka.* Upisuje se u cijelim °C. Negativnim vrijednostima temperature dodaje se predznak minus (—).

*$N_h$ — količina niskih oblaka.* Označava količinu niskih oblaka ($C_L$) čija je visina označena pod h. Ako tih oblaka nema, ta se oznaka odnosi na količinu prisutnih $C_M$-oblaka.

*h — visina (iznad Zemlje) baze najnižih oblaka.* Kodirana vrijednost unosi se ispod mjesta označenog sa $C_L$.

*$C_L$, $C_M$, $C_H$ — vrste oblaka.* Simboli za ucrtavanje niskih oblaka $C_L$ (Cu, Cn, Sc), srednjih oblaka $C_M$ (Ac, As, Ns) i visokih oblaka $C_H$ (Ci, Cs, Cc) navedeni su u tablici na sl. 107.

*$D_s$ — kurs broda.* Prikazuje se kraćom strelicom. Smjer strelice pokazuje crtu pravog kursa broda.

*$v_s$ — brzina broda.* Pri vrhu strelice desno od crte kursa upisuje se brzina broda u čv.

| Šifra | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | |

Sl. 106. *Tablica sinoptičkih znakova za sadašnje vrijeme (ww)*

| Šifra | N | $C_L$ | $C_M$ | $C_H$ | W | a | S | BROD $D_s$ | BROD $v_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | ○ |  |  |  |  | ╱‾ | p | NEPOKRETAN | 0 |
| 1 | ⦶ | ⌓ | ∠ | —˃ |  | ╱‾ | c | NE ↗ | 2 |
| 2 | ◔ | △ | ∠∠ | —» |  | ╱ | ∼∼ | E → | 5 |
| 3 | ◕ | ⩓ | ω | —˥ | ⁵⁄₊ | √ | ⌃ | SE ↘ | 8 |
| 4 | ◑ | -○- | ↙ | ↗ | ≡ | — | ⩓ | S ↓ | 11 |
| 5 | ◑ | ∼∼ | ↙ | ∠ | , | ╲_ | ⩓⌃ | SW ↙ | 14 |
| 6 | ◕ | — | ⋊ | ↗ | • | ╲_ | ⩓⩓ | W ← | 17 |
| 7 | ◐ | ···· | ↙ | ↙ | * | ╲ | ⩓ 7 | NW ↖ | 20 |
| 8 | ● | ⌓ | ∏ | —˥ | ▽ | ‾╲ | ⩓ 8 | N ↑ | 23 |
| 9 | ⊗ | ⌓ | ↙ | ↙ | ⊼ |  | ⩓ 9 |  | >23 |

*Sl. 107. Tablica raznih sinoptičkih znakova*

$D_s$ i $v_s$ upisuju se do podataka o valovima, odnosno ispod ili na mjestu RR.

*a — tendencija promjene tlaka.* Označava se grafičkim simbolima prema tablici na sl. 107. Tendencija se može označiti i predznacima: (+) plus (kada je šifrirano a = 0, 1, 2 ili 3), odnosno (—) minus (kada je šifrirano a = 5, 6, 7 ili 8). U tom slučaju grafički simbol a = 2 ili 4 (ako se upotrebljava) može biti ispušten.

*pp — vrijednost promjene barometarskog tlaka u posljednja tri sata.* Iznos te promjene u mb (pp) ili mb i desetinkama mb (ppp) unosi se direktno na kartu uz tendenciju a, osim kada je ona šifrirana s dodatnom grupom 99. U tom slučaju stvarna vrijednost promjena data je pod ppp u grupi 99 ppp i ona se (bez 99) unosi na kartu.

*$T_dT_d$ — temperatura rosišta.* Stvarna vrijednost u °C upisuje se ispod simbola ww. Negativnim vrijednostima dodaje se predznak minus (—).

*$T_wT_w$ — temperatura površinskog sloja mora.* Ta grupa može zamijeniti grupu $T_sT_s$. Dobiva se na osnovi temperature zraka (TT) i razlike temperatura ($T_sT_s$). Zaokružuje se na puni stupanj prije upisivanja na kartu (ako je to potrebno). Da se zabuna izbjegne, upisana vrijednost $T_wT_w$ stavlja se u zagrade.

*$d_wd_w$ — smjer kretanja valova.* Prikazuje se valovitom crtom i strelicom. Strelica pokazuje smjer kretanja valova.

Ako je $d_wd_w$ šifrirano kao 00, unosi se samo valovita crta bez strelice, i to u smjeru N—S. Kada je $d_wd_w$ šifrirano kao 49 ili 99, ucrtavaju se ukrižane valovite crte sa strelicama, i to jedna u smjeru NE, a druga u smjeru NW. Ako nije emitirana vrijednost $d_wd_w$, ona se ucrtava kao i u slučaju šifriranja sa 49 ili 99, ali bez strelica.

*$P_w$ — period valova.* Kodirani broj za $P_w$ upisuje se neposredno desno od simbola za $d_wd_w$.

*$H_w$ — visina valova.* Kodirani broj za $H_w$ upisuje se desno od $P_w$, a može biti odvojen kosom crtom (/).

Kad je $H_w$ kodirano sa 9, riječ WAVES, koja u izvještaju dolazi iza stvarnih visina valova, označava da se dati metri visine valova unesu na kartu. Umjesto toga stvarna visina valova može biti dobivena upotrebom skale za kodiranje $H_w$. Tako dobivena vrijednost za $H_w$ unosi se u kartu.

*RR — količina oborina**. Ako se unosi u okviru staničnog modela, upisuje se prema propisima nacionalne ili regionalne meteorološke službe.

* Podaci RR, $R_t$, $T_cT_c$, $T_gT_g$, E i s unose se isključivo na kartama kopnenih stanica.



*$R_t$ — vrijeme početka ili završetka oborina.* Unosi se kodiranim brojkama.

*$T_cT_c$ — ekstremne temperature.* Na kartu se unosi stvarna maksimalna ili minimalna temperatura u °C. Negativnim vrijednostima dodaje se predznak minus (—).

*$T_gT_g$ — minimalna temperatura Zemljine površine.* Unosi se stvarna temperatura u °C. Negativnim vrijednostima dodaje se predznak minus (—).

*E — stanje tla.* Taj podatak unosi se na kartu prema posebnoj tablici, ali nije od interesa za brodske izvještaje.

*s — debljina snježnog pokrivača.* Unosi se kodiranim brojkama ili stvarnom visinom snijega, prema propisima regionalne ili nacionalne meteorološke službe.

**b)** Radi bolje preglednosti, pojedini brojevi i simboli staničnog modela mogu se ispisivati i u d v o b o j n o m sistemu.

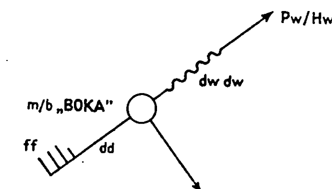
*Crvenom bojom* trebalo bi unositi ove elemente: $C_H$, W, TT, $T_dT_d$, VV i app kad je a negativno.

*Zelenom bojom* trebalo bi unositi ove elemente: RR, $T_sT_s$, $T_wT_w$, $d_wd_w$, $P_w$, $H_w$ i podatke o ledu ili bilo koje druge elemente koji se odnose na morsku vodu.

U primjeni ovog sistema predznaci + i — ne dolaze u obzir ispred grupa pp, a simbol za a = 2 i 4 ili 7 može se ispustiti.

**c)** U posljednje vrijeme sve se više pažnje obraća s t a n j u m o r a (vjetrovnih valova i valova mrtvog mora) kao važnom elementu za sigurno plovljenje (t. 165). Crtaju se i posebne *karte valova* koje daju stanje vjetra i mora za pojedine pozicije oceana. Stanični model za vjetar i valove pokazuje sl. 108.

dd = smjer prizemnog vjetra
ff = brzina prizemnog vjetra
$d_wd_w$ = smjer valova
$P_w$ = period valova
$H_w$ = visina valova




*Sl. 108. Stanični model za vjetar i valove*

*Vjetrovni valovi* (sea waves) prikazuju se strelicom na vijugavoj crti povučenoj s periferije staničnog kruga u smjeru kretanja valova. Valovi mrtvog mora (swell waves) prikazuju se strelicom na ravnoj crti. Ucrtava se kao i oznaka za vjetrovne valove $d_wd_w$.

Kad je $d_wd_w$ kodirano sa 00, vijugava crta bez strelice povuče se kroz stanični krug u smjeru N—S. Ako je $d_wd_w$ kodirano sa 49 ili 99, ukrižane valovite crte sa strelicama povuku se kroz stanični krug, jedna u smjeru SW — NE, a druga u smjeru SE—NW. Ako je $d_wd_w$ ispušteno, te crte ucrtavaju se na isti način kao i kad je $d_wd_w$ = 49 ili 99, ali bez strelica.

*Period valova* ($P_w$) upisuje se uz vrh strelice. Kada je period valova kodiran sa 49 ili 99, odnosno kada je u izvještaju ispušten, vrijednost $P_w$ upisuje se desno od staničnog kruga.

*Visina valova* ($H_w$) upisuje se desno od $P_w$, odvojeno kosom crtom ($P_w/H_w$). Kada je $H_w$ kodirano kao 9, stvarna visina valova data je u izvještaju u obliku »WAVES . . m«.

*Važnije znakove za obilježavanje meteora i drugih meteoroloških pojava prikazuje tablica na str. 230.*

Zone trajnih oborina označavaju se gustim šrafama ili karirano u crno ili zeleno, uz simbol vrste oborine.

Zone kiša s prekidima označavaju se kao i zone trajnih oborina, ali rijetkim šrafama u crno ili zeleno.

Zone s pljuskovima označavaju se simbolima u crno ili zeleno, raspoređenih iznad zona trajnih oborina.

| | | |
|---|---|---|
| GRMLJAVINA | ROSA | PLJUSAK |
| SIJEVANJE | SLANA (MRAZ) | PLJUSAK SNIJEGA |
| POLEDICA | INJE | LEDENE IGLICE |
| PRAŠINSKA OLUJA | KIŠA | SOLIKA (KRUPA) |
| VISOKA SNJEŽNA VIJAVICA NISKA | SNIJEG | ZRNAT SNIJEG |
| RAJON OBORINA | SUSNJEŽICA | SUGRADICA |
| MAGLA | ROSULJA | GRAD (TUČA) |
| SUMAGLICA | SMRZNUTA KIŠA | VODENA PRAŠINA |
| LEDENA MAGLA | SNJEŽNA VIJAVICA | PIJAVICA (TROMBA) |

Zone oluja, grmljavina, sijevanja i poledica označuju se simbolima u crno ili crveno, raspoređenim iznad zona trajnih oborina.

Zone s maglom označavaju se simbolima u obliku pravokutnika, gusto šrafirani u žuto i raspoređeni iznad označenog područja.

Zone s pješčanom olujom, prašinskom olujom ili prašinskom mutnoćom označavaju se kao i zone s maglom, ali u smeđoj boji.

Ako nemamo odgovarajuću boju, svi simboli se mogu crtati u crno.

**217. Sinoptička konzultacija za pomorce.** — Normalan sistem sinoptičke analize, koji se provodi u sinoptičkim (prognostičkim) centrima, zahtijeva mnogo vremena i posebno stručno osoblje, kao i posebna pomagala za crtanje sinoptičkih karata. Vrlo je malo trgovačkih brodova na kojima bi se takav rad mogao praktički izvesti. Zbog toga, ako pomorac želi podrobnije poznavati vremensku situaciju svog plovnog područja od one u otvorenom tekstu drugog i trećeg dijela vremenskog biltena (t. 229), potreban mu je samo izvještaj stanice koja emitira sinoptičku konzultaciju tog područja.

Internacionalni ključ kojim se sastavljaju šifrirani sinoptički izvještaji zove se International Analysis Code (IAC). Smatra se da je za potrebe brodova praktičnije usvojiti neki kraći Ključ koji će omogućiti jednostavnije crtanje vremenske karte prizemne sinoptičke situacije. Simbolična forma šifriranih sinoptičkih izvještaja za potrebe pomoraca (sinoptička konzultacija) data je po skraćenom izvještaja za potrebe pomoraca (sinoptička konzultacija) data je po skraćenom međunarodnom Ključu za pomorce FM 46.D IAC FLEET. Dešifrirani podaci, tj. koordinate niza tačaka koje određuju položaje izobara, frontova i dr., unose se na vremensku kartu i na taj način dobiva se opća sinoptička situacija dotičnog područja. Nije potrebno unositi meteorološke elemente prema staničnom modelu svake pojedine stanice (t. 215), niti vršiti sinoptičku obradu karte prema tim elementima. Na taj način pomorac dobiva već analiziranu (obrađenu) vremensku kartu. Njegov dalji rad uglavnom se sastoji u tome da ustanovi: da li i koji barički sistemi uvjetuju vrijeme u plovnom području, kakva je njihova izraženost, pravac i brzina kretanja, da li i koji front utječe na vrijeme, kako su izraženi i čime se karakteriziraju pravac i brzina njegova kretanja; kakva se zračna masa nalazi u tom rajonu i njene karakteristike; kakvih oborina ima i kakvog su intenziteta; kakvo je vrijeme u pomorskom smislu riječi i što u tom pogledu treba učiniti s obzirom na izbor (promjenu) rute i sigurnost broda. Za svaku analizu treba imati barem sinoptičke karte dvaju uzastopnih termina.



*U daljnjem izlaganju objasnit će se sadržaj Ključa FM 46.D IAC FLEET i crtanje sinoptičke konzultacije na osnovi vremenskog biltena za brodove — IV dio (t. 229).*

**218. Skraćeni međunarodni ključ za pomorce FM 46.D IAC FLEET.** — *Radio-stanice koje emitiraju izvještaje za sinoptičku konzultaciju (prognozu) po ključu FM 46.D IAC FLEET daje publikacija WMO — № 9 TP.4 — Weather reports, Vol. D: Information for shipping*.*

Analogno ključu FM 11.D ili FM 21.D SHIP, odnosno ostalim sinoptičkim ključevima nastalim iz ova dva, i u ovom slučaju jedan izvještaj za površinsku sinoptičku konzultaciju (prognozu) sastoji se od većeg broja šifriranih grupa, po pet cifara datih u nekoliko šifriranih serija. Od tih grupa, prve tri grupe šifara (za prognozu četiri grupe) sočinjavaju uvod u konzultaciju. Idućih šest serija šifara daju šifrirani izvještaj za površinsku sinoptičku konzultaciju (prognozu). Iza njih dolazi tekst u otvorenom govoru i završetak izvještaja.

Sadržaj ovoga ključa je slijedeći:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Uvodne grupe: a) | 10001 | 33388 | $OYYG_cG_c$ | |
| ili b) | 65556 | 33388 | $OYYG_cG_c$ | $OOOG_pG_p$ |
| I serija šifara: | 99900 | $8\ P_tP_cPP$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | $md_sd_sf_sf_s$ |
| II serija šifara: | 99911 | $66F_tF_iF_c$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ... $md_sd_sf_sf_s$ |
| III serija šifara: | 99922 | 44 PPP | $QL_aL_aL_oL_o$ | ... |
| IV serija šifara: | 99955 | $(55\ T_tT_iT_c)$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ... $md_sd_sf_sf_s$ |
| V serija šifara: | 99944 | $II\ 987w_sw_s$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ... |
| VI serija šifara: | 88800 | $77e_2uu$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ... |
| | | $(9\ d_wd_wP_wP_w)$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ... |
| Nešifrirani izvještaj: | 77744 | tekst na engleskom jeziku | | 44777 |
| Završetak: | 19191 | | | |

10001 je simbolična grupa koja označava da slijedi izvještaj površinske sinoptičke konzultacije.

65556 je simbolična grupa koja označava da slijedi izvještaj površinske prognoze (t. 233).

33388 je simbolička grupa koja označava da je konzultacija data za sjevernu hemisferu (333) i da su grupe (88) geografskih koordinata date u obliku $QL_aL_aL_oL_o$ (Q-oktant globusa, $L_aL_a$ — geografska širina i $L_oL_o$ — geografska dužina zaokružena na najbliži cijeli stupanj).

* Prema izvodu iz publikacije WMA—№ 9 TP.4. — Weather reports, Vol. D: Information for shipping slijedeće radio-stanice emitiraju izvještaje za sinoptičku analizu po ključu IAC FLEET FM 46.D.

a) Područje od Crvenog mora do Japana: Djibouti, Mauritius, Bombay, Calcuta, Singapore, Saigon i Hong-Kong;

b) Područje sjevernog Tihog oceana: Sangley poinz, Guam, Pearl Harbour, San Francisco i Kodiak (Aljaska);

c) Područje sjevernog Atlantskog oceana i Sredozemnog mora: Halifax, Washington D.C., Fort de France (Martinique), Whitehall (London), Saint Lys Radio (Toulouse), Madrid i Malta.

Primjenom simbola $x_1x_1$, umjesto brojki 88, označava se da su pozicijske grupe date na tačnost 0,1⁰. Nakon grupe $QL_aL_aL_oL_o$ daje se grupa $OOOL_aL_o$.

*Značenje pojedinih brojki* pozicijske grupe $x_1x_1$:

00 — sjeverna hemisfera, po sistemu $L_aL_aL_oL_o$ k

11 — južna hemisfera, po sistemu $L_aL_aL_oL_o$ k

22 — ekvatorijalno područje po sistemu $L_aL_aL_oL_o$ k.

$OYYG_cG_c$ je grupa kojom se daje termin konzultacije (dan i sat): O — indikatorska šifra grupe; YY — dan u mjesecu; $G_cG_c$ — sat sinoptičkih motrenja po SGV na temelju kojih je izrađena karta.

*Poslije tih uvodnih grupa dolazi* prva serija šifara (99900) u kojoj su *opisani barički sistemi* (depresije, anticikloni i sl.) *i njihove evolutivne karakteristike, mjesto, kao i smjer i brzina kretanja.*

*Opis svakog baričkog sistema počinje* s grupom čija je indikatorska oznaka 8, a iza koje slijede šifre ($P_tP_cPP$) koje označavaju tip i karakter baričkog sistema, kao i atmosferski tlak u centru opisanog baričkog sistema. Zatim slijedi položajna grupa koja označava poziciju (geografsku širinu i geografsku dužinu) centra baričkog sistema na karti ($QL_aL_aL_oL_o$), kao i grupe koje označavaju kretanja tog baričkog sistema ($md_sd_sf_sf_s$). Često se položajna grupa $QL_aL_aL_oL_o$ daje dva puta.

*Značenje pojedinih brojki šifara* grupe 8 $P_tP_cPP$:

8 — *početna oznaka grupe koja pokazuje da slijedi izvještaj o baričkom sistemu*

$P_t$ — *tip baričkog sistema, prikazan brojkama 0 — 9*

0 — složena depresija
1 — depresija (ciklon) (N)
2 — sekundarna depresija
3 — dolina
4 — val
5 — anticiklon (V)
6 — područje izjednačenog tlaka
7 — greben
8 — sedlo
9 — tropski ciklon (oluja)

$P_c$ — *karakter baričkog sistema, prikazan brojkama 0 — 9*

0 — bez specifikacije (neodređen)
1 — depresija se popunjava ili anticiklon slabi
2 — bez veće promjene
3 — depresija se produbljava ili anticiklon jača
4 — razvoj složen
5 — u razvoju, ili se pretpostavlja razvoj ciklona ili anticiklona
6 — popunjava se ili slabi, ali ne nestaje
7 — opći porast tlaka
8 — opći pad tlaka
9 — položaj nejasan (nesiguran)

PP — *označava tlak u mb u centru baričkog sistema ili najniži (najveći) tlak doline (grebena).*



*Značenje pojedinih brojki šifara* grupe $QL_aL_aL_oL_o$:

| Q | Sjeverne hemisfere | | Q | Južne hemisfere | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0⁰ — 90⁰ | W | 5 | 0⁰ — 90⁰ | W |
| 1 | 90⁰ — 180⁰ | W | 6 | 90⁰ — 180⁰ | W |
| 2 | 180⁰ — 90⁰ | E | 7 | 180⁰ — 90⁰ | E |
| 3 | 90⁰ — 0⁰ | E | 8 | 90⁰ — 0⁰ | E |

Q — oktant globusa

$L_aL_a$ — geografska širina

$L_oL_o$ — geografska dužina

Geografska širina i dužina zaokružene su na najbliži cijeli stupanj. Ako je potrebna tačnost na pola stupnja, grupa 33388 zamjenjuje se sa 33300, 33311, 33322, a umjesto $QL_aL_aL_oL_o$ daje se grupa $L_aL_aL_oL_o$ k.

*Pojedine brojke šifara* grupe $md_sd_sf_sf_s$, kojom se označuje kretanje svakog sistema (baričkog, frontalnog ili tropskog), imaju ovo značenje:

m — *oznaka karaktera kretanja baričkog sistema*

0 — bez specifikacije
1 — sistem stacionira
2 — bez većih promjena
3 — postaje stacioniran
4 — kretanje usporeno
5 — zakreće nalijevo
6 — rotirajući
7 — ubrzavajući
8 — zakreće nadesno
9 — predviđa se zakretanje

$d_sd_s$ — *pravac odakle sistem (front) dolazi, prikazan brojkama 00 — 36.*

$f_sf_s$ — *brzina kretanja sistema (fronta) u čvorovima*

Kada je barički sistem stacioniran, grupa $md_sd_sf_sf_s$ šifrira se sa 10000.

U drugoj *seriji šifara* grupa 99911 znači da slijede podaci o frontalnim sistemima (topli, hladni front itd.). Zatim slijede grupe $66F_tF_iF_c$, a iza svake te grupe slijedi po nekoliko položajnih grupa $QL_aL_aL_oL_o$, kao i grupa koja označava *smjer i brzinu njihova kretanja* ($md_sd_sf_sf_s$). To omogućava pomorcima ucrtavanje frontova na vremenskoj karti, a na osnovi toga i zaključak o vremenu duž fronta odnosnog područja.

*Opis svakog fronta počinje* s grupom u kojoj je početna oznaka 66, a iza ove slijede grupe koje određuju tip, intenzitet i karakter fronta ($F_tF_iF_c$). Slijedeće grupe ($QL_aL_aL_oL_o$) daju određen broj pozicija na karti na osnovi kojih se ucrtava položaj fronta.

*Značenje pojedinih brojki šifara* grupe 66 $F_tF_iF_c$:

66 — *početna oznaka grupe koja pokazuje da slijedi izvještaj o frontovima*

| $F_t$ — *tip fronta* | $F_i$ — *intenzitet fronta* | $F_c$ — *karakter fronta* |
|---|---|---|
| 0 — kvazistacionirani front prizemni | 0 — bez specifikacije | 0 — bez specifikacije |
| 1 — kvazistacionirani front visinski | 1 — slab, rasplinjava se | 1 — aktivna frontalna zona se smanjuje |
| 2 — topli front prizemni | 2 — slab, mala ili nikakva promjena | 2 — aktivna frontalna zona bez veće promjene |
| 3 — topli front visinski | 3 — slab, jača (uključujući i frontogenezu) | 3 — aktivna frontalna zona se proširuje |
| 4 — hladni front prizemni | 4 — umjeren, u slabljenju | 4 — intertropski |
| 5 — hladni front visinski | 5 — umjeren, mala ili nikakva promjena | 5 — formira se ili naslućuje postojanje |
| 6 — okluzija | 6 — umjeren, u jačanju | 6 — kvazistacioniran |
| 7 — crta nestabilnosti | 7 — jak, u slabljenju | 7 — front s valovima |
| 8 — intertropski front | 8 — jak, mala ili nikakva promjena | 8 — difuzan front |
| 9 — crta konvergencije | 9 — jak, u jačanju | 9 — položaj fronta nesiguran |

Treća *serija šifara* (99922) odnosi se na *izobare* (44PPP). Izvještaj za svaku pojedinu izobaru počinje s grupom čija je oznaka 44, a brojke bez tisućica (kod izobara 1 000 mb i više) koje dolaze iza ove indikatorske oznake (PPP) pokazuje vrijednost dotične izobare u mb (npr. 1035 mb = 035). Slijede odgovarajuće položajne grupe koje daju geografske koordinate niza tačaka za ucrtavanje pojedine izobare ($QL_aL_aL_oL_o$).

Tačke na izobari koje okružuju depresiju (N, T, C ili L) daju se prve, i to u obrnutom smjeru kazaljke na satu (ciklonskom), a tačke izobare koja okružuje anticiklon (V, A ili H) daju se posljednje i u smjeru kazaljke na satu (anticiklonskom).

Četvrta *serija šifara* (99955) *odnosi se na tropske baričke sisteme* ($55T_tT_iT_c$). Slično kao i kod I i II serije šifara, opis sistema počinje s jednom grupom čija je indikatorska šifra 55, a iza nje slijede šifre koje označavaju tip, intenzitet i karakter tropskog sistema ($T_tT_iT_c$). (Postoji posebna tablica za šifriranje ciklona s intenzitetom $T_t$ = 0 — 8, a posebna tablica za intenzitet od 9). Nakon toga slijede položajne grupe $QL_aL_aL_oL_o$ i grupa kretanja $md_sd_sf_sf_s$.

U petoj *seriji šifara* (99944) *pokazane su zone naročito značajnih meteoroloških stanja* ($987w_sw_s$). Opis se odnosi na svaku pojedinu zonu. Počinje s grupom čija je početna šifra 987, iza koje slijedi šifra $w_sw_s$ koja opisuje to značajno vrijeme (00—99).



*Značenje pojedinih brojki šifara* grupe $987w_sw_s$:

987 — *početna oznaka grupe iza koje slijedi izvještaj o značajnom vremenu*

$w_sw_s$ — *opis značajnog vremena za područje:*

| | |
|---|---|
| 00 — jakog mrtvog mora | 55 — oluja (8 Bf i više) |
| 11 — jakih vjetrova (6 i 7 Bf) | 66 — neprekidnih oborina |
| 22 — srednjih oblaka | 77 — olujnog vremena |
| 33 — niskih oblaka | 88 — žestokih pljuskova |
| 44 — slabe vidljivosti | 99 — grmljavina |

Šesta ***serija šifara*** (88800)* ***odnosi se na izoplete valova, ili temperature mora za vrijeme konzultacije odnosno prognoze*** ($77e_2uu$). Konzultacija (prognoza) počinje s indikatorskom grupom 77, iza koje slijede brojka ($e_2$) koja određuje tip izoplete (0—4), kao i brojke (uu) koje određuju jedinice izopletnih vrijednosti. Šifre s brojkama od 0 do 4 daju podatke o valovima u metrima, od 5 do 8 je rezervirano, a šifra 9 daje izopletu temperaturu u °C. U seriji 88800 grupa $9d_wd_wP_wP_w$ pokazuje smjer i period vala na poziciji $QL_aL_aL_oL_o$.

*Opis valova* počinje s grupom čija je indikatorska oznaka 9, a iza nje slijede šifre $d_wd_w$ koje označavaju smjer odakle valovi dolaze i šifre ($P_wP_w$) koje označavaju period valova u sekundama. Dvije kose crte // umjesto $P_wP_w$ znače da period valova nije motren.

Za vrijeme izvještaja ili nakon njegova završetka mogu se u otvorenom tekstu još istaći informacije koje dopunjuju odnosno bolje razjašnjavaju dotičnu vremensku situaciju. ***Takve informacije uvijek počinju s brojčanom grupom 77744 i završavaju s grupom 44777.***

***Sinoptička konzultacija (prognoza) po ključu FM 46. D IAC FLEET završava sa stalnom grupom 19191.***

Redoslijed serija šifara po pravilu je uvijek takav kako je prije naznačen. U pogledu redoslijeda šifriranja grupa pojedinih serija, treba se pridržavati reda u kojem se dotične meteorološke pojave (elementa) pojavljuju, tj. od zapada prema istoku. Svaka serija konzultacije (prognoze) uzima se toliko puta koliko je potrebno. Položajne grupe za svaki barički sistem mogu se dati dva puta. Tačke na frontovima, izobarama i granicama karakterističnog vremena daju se jedanput. Bilo koja serija može biti izostavljena, a obično je to IV i V. U ispravljenom sadržaju konzultacije (prognoze) prethode grupe 11133 $OYYG_cG_c$. Zatim slijede ispravci koji počinju s indikatorima 8, 66, 44 . . . .

**219. Tehnička obrada (crtanje) sinoptičke konzultacije.** — Za ucrtavanje sinoptičke konzultacije brodovi se koriste blokovima vremenskih karata okosnica koje su izdali meteorološka služba ili hidrografski institut odnosne zemlje. Obično su u mjerilu 1:20,000.000 i formata 50×60 cm.

---

* Iza serija šifara koje počinju sa 99900, 99911, i 88800, pošto je dana vremenska grupa $000G_pG_p$ može se iznijeti više pojedinosti o prošlim i budućim pozicijama i karakteristikama nekog baričkog sistema, frontalnog sistema, sistema valova ili temperature mora. Informacije o tim sistemima mogu se dati u različito vrijeme prije ili poslije vremena $G_cG_c$. $G_pG_p$ označava broj sati koji se dodaje na $G_cG_c$ ili odbija od $G_cG_c + G_pG_p$ da se dobije vrijeme na koje se odnose dodatna objašnjenja.

Pri crtanju (analizi) sinoptičke konzultacije na vremenskoj karti, potrebno je dobro poznavati klasifikaciju izobara i drugih izolinija, odnosno pojedinih baričkih sistema (t. 22) i ostalih pojmova u vezi s meteorološkim elementima koji dolaze u tom pogledu u obzir.

Na temelju podataka iz prve tri uvodne grupe ključa za sinoptičku konzultaciju, na kartu se upisuju datum i sat za koji se odnosi konzultacija.

*Prema* p r v o j *seriji šifara* ($8P_tP_cPP$) koja daje barički sistem, položaj centra svakog sistema označava se na karti s oznakom X, odnosno V ili N i ispod nje upiše vrijednost atmosferskog tlaka. Od toga znaka ucrta se strelica koja pokazuje smjer pomicanja baričkog sistema. Iznad vrha strelice upisuje se odgovarajuća brzina pomicanja centra baričkog sistema u čvorovima, a ispod skraćenica koja označava karakteristiku razvitka odnosnog sistema.

Pozicije sedla niskog tlaka mogu se označavati kako je prije navedeno. Međutim, pozicije dolina niskog tlaka, grebena visokog tlaka i sl. označavaju se posebnim oznakama.

*Prema* d r u g o j *seriji šifara* ($66F_tF_iF_c$), koja daje frontalne sisteme, za svaki front ucrta se na kartu niz tačaka. Te se tačke međusobno spoje crtom bez izrazitih prijeloma. Smjer i brzina pomicanja, kao i njihove karakteristike, označavaju se kao i kod baričkih sistema. Poznavanje položaja frontova na karti veoma je važno za uvid u stanje i prognozu vremena. Vrsta fronta označava se na način koji je objašnjen na str. 174.

Može se dogoditi da u primljenom izvještaju izostane niz šifara (tačaka), što će otežati određivanje tačnog položaja fronta. U tom slučaju položaj fronta može se odrediti na osnovi promjena postojećih meteoroloških elemenata odnosno njihovih promjena, koje su prolazom fronta naročito izrazite.

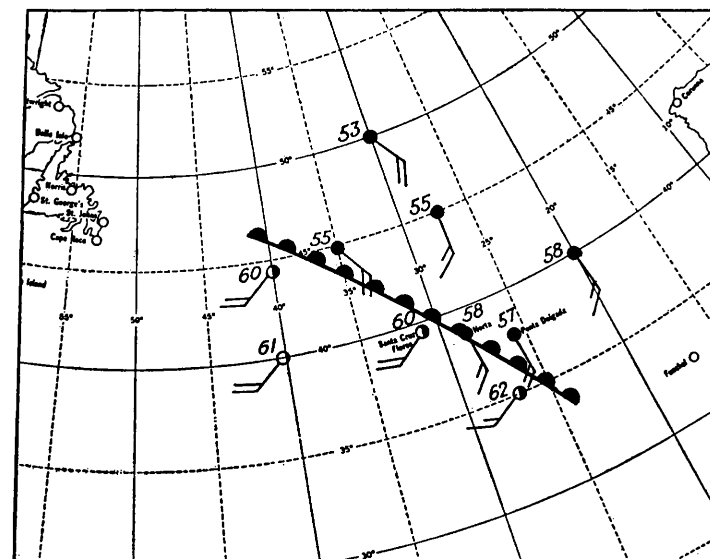
Prolazom toplog fronta povećava se temperatura, a za hladni je front obrnuto. Ako te promjene nisu izrazite, front će se tačnije pronaći po vjetru, barometarskoj tendenciji, vrsti oblaka i oborina. Promjene tih elemenata toliko su izrazite i nagle da se na sinoptičkoj karti prilično lako uočavaju. Grupirane su ili poredane jedna do druge, na jednoj ili više crta. Te su crte zapravo frontovi.

Na oceanima su gradijenti temperature vrlo slabo izraženi. Zbog toga, da bi se pronašao što tačniji položaj fronta, iskorištavaju se vrijednosti razlike između temperature zraka i površinske temperature mora. U toplom sektoru ciklona ta je razlika gotovo uvijek pozitivna, a u hladnom sektoru je negativna.

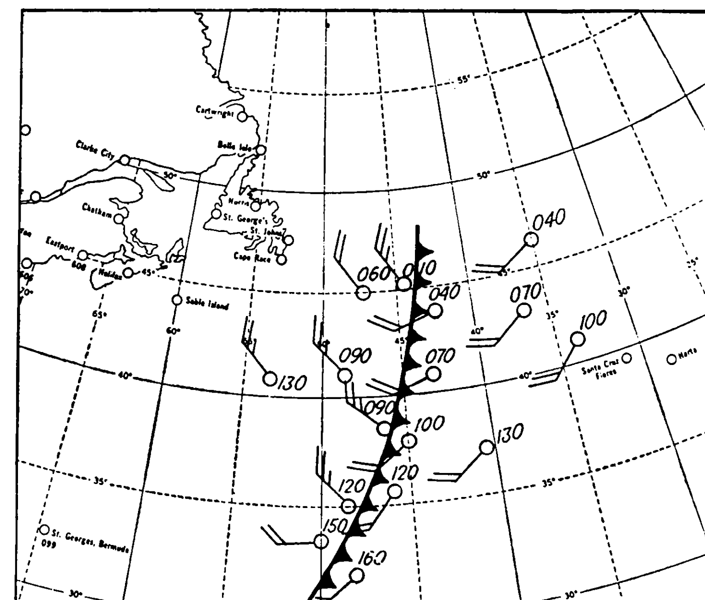
Crta fronta u većini slučajeva prolazi kroz mjesta gdje izobare na karti imaju najjači prijelom. U skladu s tim i vjetar duž fronta vidljivo mijenja svoj smjer i jakost. Neposredno pred frontom vjetar ide gotovo smjerom fronta, a iza fronta ima smjer okomit na crtu fronta. Na taj način vjetar s jedne i s druge strane fronta puše jedan prema drugome. Pri približavanju fronta vjetar skreće u obrnutom smjeru kretanja kazaljke na satu. Poslije prolaza fronta vjetar skreće u smjeru kazaljke na satu (udesno) i tada se pojačava i nastaje oluja. Znači, front je crta konvergencije vjetrova i zbog toga je uočljiv znak položaja fronta. Podsjetimo li se još da su frontovi popraćeni posebnim rasporedom oblaka i oborina, tada svi ti elementi olakšavaju otkrivanje položaja fronta na karti.

Front ima topli karakter ako u sektoru hladnog zraka postoje komponente zračnog strujanja od fronta. U obratnom slučaju strujanja front ima hladan karakter. Apstrahiramo li trenje, tada je strujanje zraka gotovo po izobarama. U

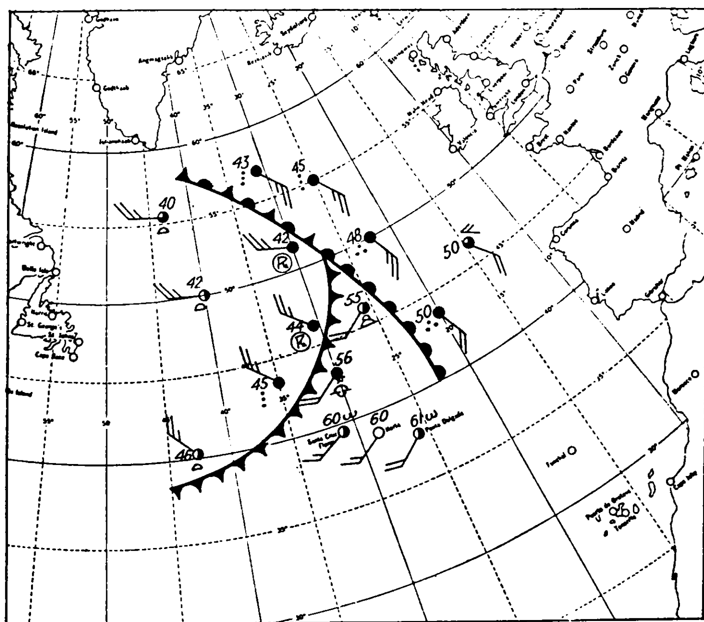





*Sl. 109. a Crtanje (analiza) fronta na temelju vjetra, temperature i naoblake*




*Sl. 109.b Crtanje (analiza) fronta na temelju tlaka i vjetra*



*Sl. 109.c Crtanje (analiza) fronta na temelju vjetra, temperature, naoblake i sadašnjeg stanja vremena*

tom slučaju, pri postojanju topla zraka na jugu (N hemisfera), hladni front prelazi u topli front u centru ciklona, a topli u hladni front prethodnog ciklona na osi intervalnog grebena.

Frontovi su na karti uvijek povezani s najnižim tlakom i pružaju se (na N hemisferi) od centra ciklona prema jugu. Hladni front divergira prema SW, a topli prema SE. Između hladnog fronta (mlada ciklona) i toplog fronta nalazi se topli sektor. Iza hladnog fronta, tj. prema W, nalazi se hladni sektor ili sektor pljuskova, mahovitih vjetrova i najjačeg zahlađenja. Taj zrak je sve topliji što se više ide smjerom kretanja satne kazaljke (preko sjevera i istoka do toplog fronta). Ispred toplog fronta (prema istoku) nalazi se sektor pogoršanja vremena s dugotrajnim ali slabim oborinama i jakim južnim vjetrovima. Mjesta s pljuskovima pokazuju prolaz hladnog fronta.

Iza toplog fronta postoji neprekidan oblačni pokrivač slojevitih oblaka stabilnog toplog zraka, a iza hladnog fronta oblačnost se normalno kida i smanjuje

Front okluzije nastaje najprije blizu centra ciklona i proširuje se sve više prema jugu. U toku razvoja ciklona front se produžava i na sjevernoj strani ciklona. Za određivanje položaja tog fronta pomažu nam prvenstveno zone oborina koje se kod toplog fronta okluzije nalaze ispred, a kod hladnog fronta okluzije iza fronta.

T r e ć a *serija šifara* (44PPP) daje izobare svakih 5 ili 4 mb. Na temelju odnosnih položaja grupa, za svaku izobaru ucrta se niz tačaka (križića). Tačke se normalno spoje crnom crtom (olovkom), ali tako da ne budu izlomljene. Među-



tim, kod frontova i orografskih prepreka tlak doživljava nagle promjene koje se najčešće izražavaju prijelomom izobara. Grafičkom interpolacijom mogu se ucrtati izostavljene izobare, a ako je potrebno i više izobara nego što su u konzultaciji. Vrijednosti tlaka u milibarima ispisuju se brojkama koje uz izobare leže u pravcu istok-zapad. Izobara od 1012 mb crta se nešto debljom crtom.*

Ucrtane izobare daju sliku opće raspodjele atmosferskog tlaka i vjetrova na području koje obuhvaća karta. Pri crtanju izobara moramo zamisliti da smo okrenuti leđima vjetru i na taj način primjenjivati poznati Bays-Ballotov zakon (t. 95). Pri crtanju izobara s atmosferskim tlakom većim na desnoj strani treba imati na umu da sve te tačke moraju uvijek imati veći tlak od onih na lijevoj strani i da su smjer i brzina vjetra u uskoj vezi s izobarama.

Poznato je da zbog devijacijske sile vjetar puše bliže izobarama nego smjeru baričkog gradijenta. Na moru su motrenja vjetra pouzdanija od barometra, jer ona prilično vjerno prikazuju slobodno kretanje zraka nad morskom površinom. Zbog toga je pri crtanju izobara korisno imati na umu i smjer vjetra.

Izobare su gušće u predjelima gdje je vjetar jak, a rjeđe gdje je vjetar slabiji. Ako je velika razlika atmosferskog tlaka između pozicija dvaju brodova (dviju stanica) na karti, izobare su gušće uz onaj brod (stanicu) koji ima jači vjetar.

Č e t v r t a i p e t a *serija šifara* obično se ispuštaju. Međutim, prema potrebi, bez većih poteškoća mogu se lako ucrtati sa simbolima ili skraćenicama koje se smatraju najsvrsishodnijim.

Da bismo crtanje i obradu sinoptičke analize na vremenskoj karti bolje shvatili i razumjeli, navodimo primjer koji se odnosi na vremensku situaciju od 29. 01. 1963. g. u 13.00 sati. Karta prikazuje sjeverni dio Atlantika. Pored podataka sinoptičke konzultacije, karta sadrži i podatke meteoroloških izvještaja odaslanih s odabranih brodova i nekoliko izvještaja s odabranih obalnih i kopnenih meteoroloških stanica. Znači, *ta karta sadrži sve podatke IV, V i VI dijela vremenskog biltena* emitiranog za brodove za termin 13.00 SGV.

P r i m j e r: 29. 01. 1963. g. primljena je slijedeća sinoptička konzultacija za brodove za termin 13.00 SGV. Izvještaj je šifriran po skraćenom međunarodnom ključu za pomorce — FM 46.D. IAC FLEET.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10001 | | 33388 | 02912 | | | |
| 99900 | 85842 | 03976 | 10000 | 85052 | 02649 | 10000 |
| | 85140 | 05012 | 50910 | 85341 | 06128 | 82720 |
| | 85035 | 36039 | 40000 | 81098 | 04243 | 00000 |
| | 81485 | 06061 | 32505 | 81099 | 03233 | 10000 |
| | 81815 | 36302 | 73620 | 81390 | 37229 | 72525 |
| | 81029 | 35429 | 10000 | 81003 | 33119 | 10000 |
| | 81010 | 33914 | 10000 | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 99911 | 66961 | 06061 | 06569 | 06860 | 06653 | |
| | 66416 | 06653 | 06054 | 05754 | | |
| | 66110 | 05754 | 05148 | 04243 | | |
| | 66841 | 04243 | 03546 | 03250 | 02660 | |
| | 66111 | 06653 | 06049 | | | |
| | 66497 | 37229 | 36610 | 06101 | 05615 | 05422 |
| | 66132 | 05422 | 05033 | 04537 | 04037 | 03233 |
| | 66460 | 03233 | 03325 | 02719 | | |
| | 66132 | 37229 | 36840 | 36645 | | |

* Bilteni SAD i VB daju izobare svakih 4 mb (1012, 1008, 1004....), a u biltenima drugih zemalja razmaci iznose 5 mb (1005, 1000, 995....).

```
99922 44035 03275 03870 04369 04475 04082 03684 03280 03275
      44025 02685 02477 02670 02964 03963 04665 05170 04980
      44020 02180 02370 02262 02554 02658 02857 03456 04059 04462 04765 05570 05079
      44020 02146 02440 02639 02943 02647 02146
      44015 02430 02738 03539 03346 02955 03154 03452 04054 04558
            05064 05670 06576 07060 06549 06048 05041 00430 03521 03018
      44005 03029 03426 03530 03435 03135 03029
      44005 03845 04350 04750 05055 05361 05970 06373 06765 06455 05651 04546 03845
      44095 05655 05865 06271 06465 06568 05655
      44020 34433 34223 34417 34515 34409 34005 33207 33105 33301
            03505 03920 04430 05035 05845 06548 06950 07070
      44020 08060 08210 08005 37002 06303 06100 36410 36630 36750 36660 36670
      44010 38220 37514 37015 36825 36840 37150 37165
      44000 37120 37030 37136 37330 37220 37030
      44030 35330 35436 35730 35521 35330
      44030 35555 35730 36010 05612 06010 07006 07520 07534 06043
            05330 04522 04212 04106 04503 35002 35105 35020 34725 34835
      44035 05530 06041 07040 07435 07012 06413 05518 05405 05003 04610 04921 05530
      44010 33017 33424 33823 34021 34119 33516 33017
      44015 34130 33925 34220 34316 34215 34312 34109 33711 33010
19191
```

*Objašnjenje*

Karta sjevernog Atlantika na sl. 110. iscrtana je na osnovi šifara sinoptičke konzultacije za 29. 01. 1963. g. u 13.00 sati po SGV.

Međutim, kako te šifre sadrže samo IV dio vremenskog biltena, tj. centre ciklona i anticiklona, frontove i izobare, radi bolje analize na karti još je ucrtano i oko 30 izvještaja odabranih brodova te nekoliko izvještaja s obalnih i kopnenih meteoroloških stanica.

*Uvodna grupa* 10001 znači da slijedi sinoptička analiza za brodove. Grupa 33388 pokazuje da su geografske koordinate pozicija u toj analizi date po ključu $QL_aL_aL_oL_o$. U trećoj grupi 02912 ($OYYG_cG_c$) brojka 0 neprestano se ponavlja kao oznaka grupe i pokazuje da iza nje slijedi 29. dan u mjesecu (YY) i da se analiza odnosi na dati termin 12 sati ($G_cG_c$) po SGV. Poslije tih grupa dolaze serije šifriranih grupa.

U datom primjeru *prva grupa prve serije* šifara 85842 ima ovo značenje: 8 je stalna oznaka grupe. Ostale brojke imaju značenje prema tablicama $P_t$ — $P_c$ — PP. Brojka 5 iz tablice $P_t$ pokazuje da je posrijedi anticiklon, 8 iz tablice $P_c$ označava da anticiklon slabi (tlak pada), a brojka 42 po tablici PP označava vrijednost atmosferskog tlaka u centru anticiklona 1042 mb (šifriraju se samo dvije posljednje brojke).

*Druga grupa prve serije* šifara 03976 pokazuje oktant globusa (Q) s tačnijom geografskom pozicijom centra anticiklona u sistemu $L_aL_aL_oL_o$. U ovom primjeru koordinate su 39°N i 76°W.

U datom primjeru *treća grupa prve serije* šifara 10000 označava kretanje baričkog sistema — anticiklona ($md_sd_sf_sf_s$). Brojka 1 oznaka je grupe (m) koja pokazuje slijedeći izvještaj o kretanju baričkog sistema. Ostale grupe 00 ($d_sd_s$) i 00 ($f_sf_s$) pokazuju da ne postoji kretanje anticiklona, tj. da nema pravca kretanja ($d_sd_s$) i da je brzina kretanja nula ($f_sf_s$).

*Ostale grupe prve serije* šifara s oznakom 8 dešifriraju se na isti način kao i prethodne. Uzmimo npr. desetu grupu serije šifara: 81390 — 37229 — 72525. Grupa 81390 pokazuje da se depresija produbljava s tlakom u centru 990 mb; grupa 37229 označava centar depresije s geografskim koordinatama 72°N i 29°W; grupa 72525 pokazuje da se depresija ubrzano kreće u smjeru 250° s brzinom 25 čv.

*Prva grupa druge serije* šifara 66961, u datom primjeru, ima slijedeće značenje (66 $F_tF_iF_c$). Brojka 66 je oznaka grupe koja pokazuje da slijedi izvještaj o frontovima. Ostale brojke imaju značenje prema tablicama $F_t$ — $F_i$ — $F_c$. Brojka 9 ($F_t$) označava okluziju, brojka 6 ($F_i$) pokazuje da je okluzija umjerena, a brojka 1 ($F_c$) da se aktivna

---

Slika 110. nalazi se u prilogu

570 05079

4546 03845

6670

1921 05530

čke kon-

ciklona
i oko 30
eorološ-

pa 33388
$_aL_aL_oL_o$.
a grupe
na dati

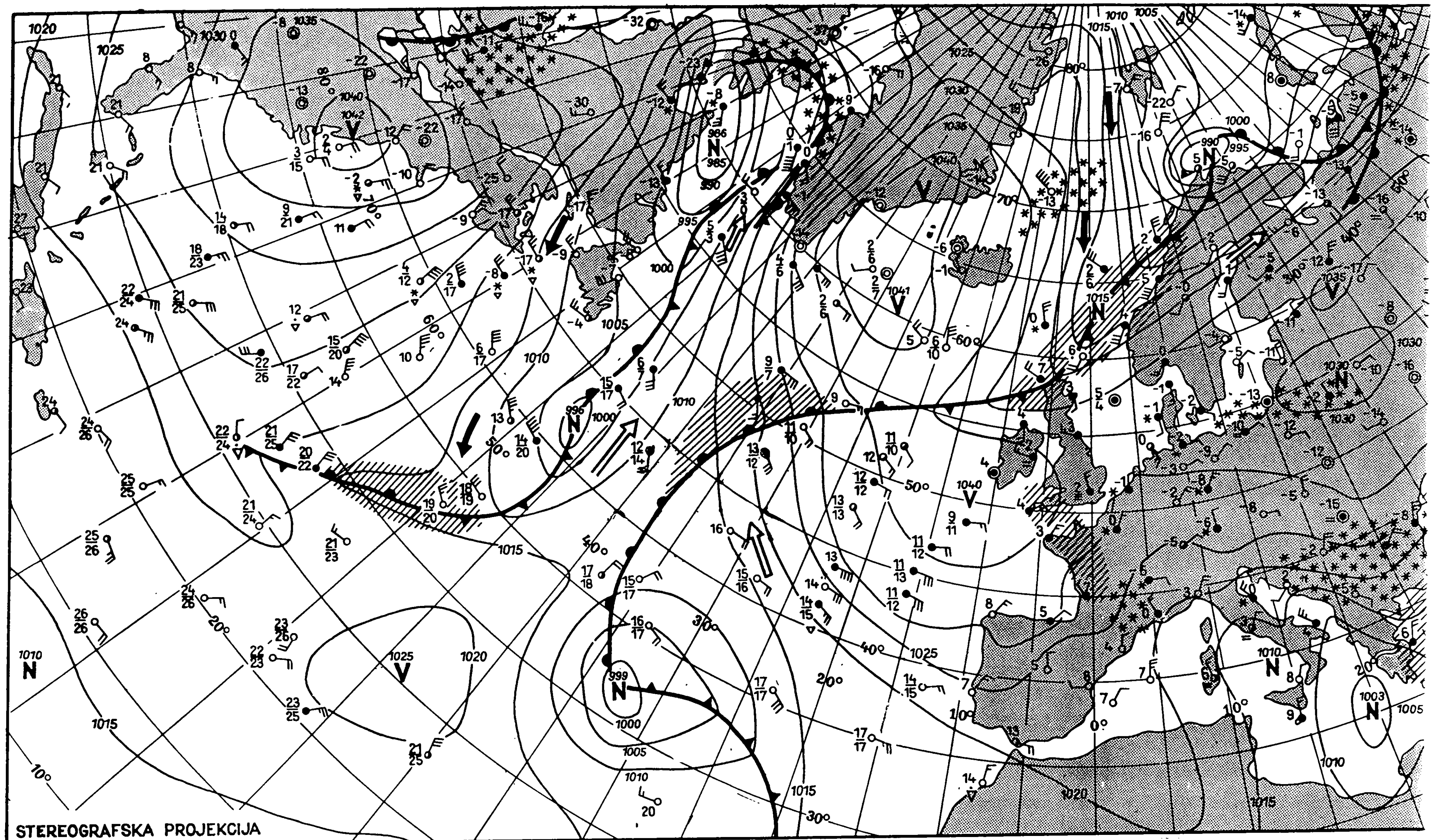
je: 8 je
— PP.
značava
t atmo-
brojke).

m geo-
u koor-

aričkog
e slije-
kazuju
brzina

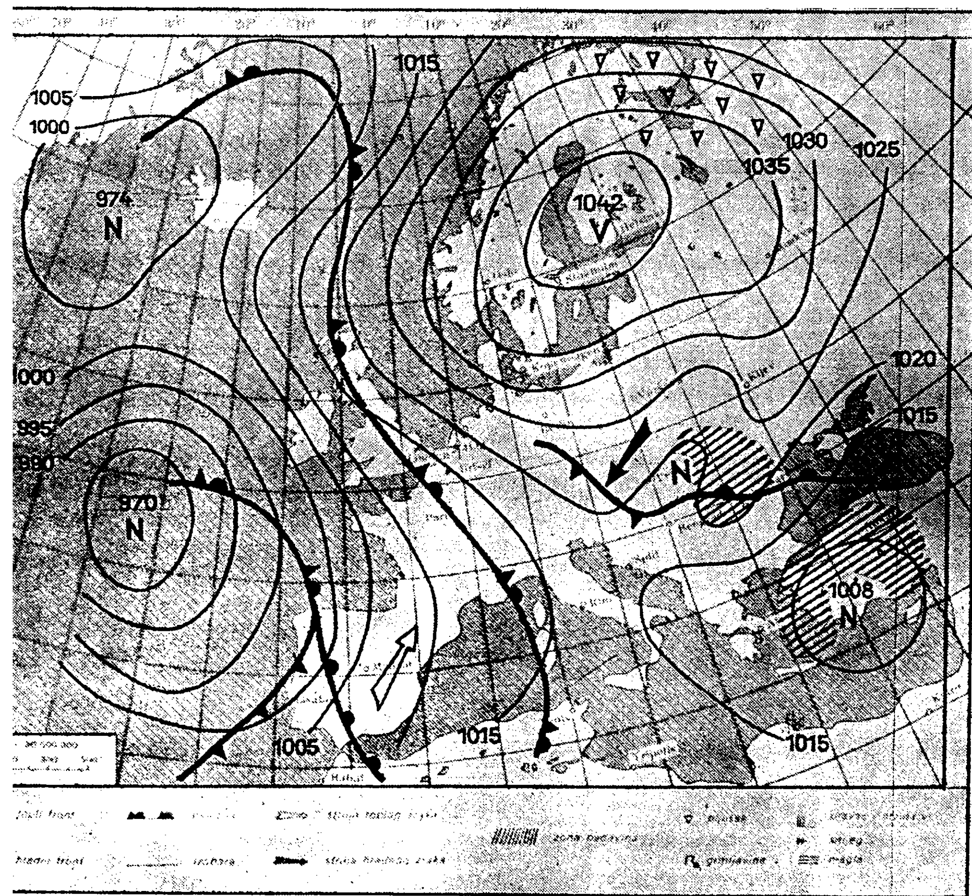
i pret-
a 81390
načava
e da se

ačenje
ovima.
načava
ktivna




*Sl. 110. Vremenska karta Atlantika iscrtana na temelju sinoptičke konzultacije*

*mska karta za dan* 14. 11. 1968, *sat* 01,00




*remenska situacija:* Nad Skandinavijom stacioniran je snažni anticiklon. On podržava sjeverno strujanje hladnog zraka od Bijelog mora do srednje Evrope, gdje se formira frontalna zona. Sa sjeverne Afrike jača južno strujanje toplog zraka prema Alpama. Zbog toga se kretanje dubokog atlantskog ciklona usporuje. Njegov frontalni sistem već je zahvatio obale Portugala. Znatno je oslabila aktivnost depresije nad istočnim dijelom Sredozemnog mora.

HMZ SRH — POMORSKI METEOROLOŠKI CENTAR — SPLIT

*Prognoza vremena za Jadran i Otrant za 24 sata od* 14. 11. 1968. u 08.00

Pretežno oblačno. U južnom dijelu Jadranskog mora i Otrantu slaba kiša. Lagana bura. Svježe. Stanje mora 1—2.

FORECAST: Mainly cloudy and fresh weather. In south Adriatic and Otranto light rain. Sea 1—2.

*Razvoj vremena za Jadran i susjedna mora do* 16. 11. 1968.

Na Jadranskom moru utjecaj bure. Temperatura u opadanju. U Jonskom moru i Otrantu lagani E i SE vjetrovi.

DEVELOPMENT OF THE WEATHER: In Adriatic influence of NE wind. Temperature will fall. In Ionian Sea and Otranto light E and SE winds.

## METEOROLOŠKI PODACI

| mjesto | vrijeme | vjetar | | stanje mora | vidljivost (km) | tlak zraka (mb) | temperatura °C | | oborine (m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | smjer | jačina (Bf) | | | | zraka | mora | |
| Koper | 1/2 oblačno | NE | 3 | 2 | 10 | 1017 | 8 | | |
| Pula | 1/2 oblačno | E | 3 | 1 | 6 | 1017 | 8 | | |
| Rijeka | 1/4 oblačno | NE | 1 | 1 | 7 | 1018 | 8 | | |
| Senj | 1/2 oblačno | NE | 6 | 3 | 20 | 1017 | 7 | | |
| Lošinj | oblačno | NW | 1 | 1 | 20 | 1017 | 9 | | |
| Zadar | oblačno | SE | 2 | 1 | 20 | 1016 | 8 | | |
| Šibenik | oblačno | NE | 1 | 1 | 20 | 1016 | 8 | | |
| Split | oblačno | NE | 3 | 1 | 20 | 1015 | 9 | | |
| Hvar | oblačno | NW | 1 | 1 | 20 | 1015 | 12 | | |
| Palagruža | oblačno | NW | 2 | 2 | 20 | 1015 | 13 | | |
| Ulcinj | oblačno | NE | 1 | 1 | 25 | 1014 | 10 | | |
| Dubrovnik | oblačno | E | 2 | 1 | 20 | 1014 | 11 | | |
| Ljubljana | oblačno | E | 1 | — | 10 | 1021 | 3 | | |
| Zagreb | oblačno | NE | 3 | — | 12 | 1021 | 5 | | |
| Beograd | oblačno | NW | 3 | — | 4 | 1020 | 3 | | |
| Sarajevo | sumaglica | NW | 1 | — | 10 | 1020 | 3 | | |

zona te okluzije smanjuje. *Slijedeće grupe* pokazuju oktant i geografske pozicije protezanja tog fronta okluzije: 06061 — 60°N i 61°W; 06569 — 65°N i 69°W; 06860 — 68°N i 69°W; 06653 — 66°N i 53°W. Izvještaj o tipu, intenzitetu i karakteru slijedećeg fronta počinje sa šifrom 66416, iza koje se ponovo nastavljaju pozicijske grupe ovog fronta, itd., itd.

*Prva grupa treće serije* šifara 44035 u datom primjeru odnosi se na izobarc (44 PPP). Brojka 44 je oznaka grupe. Brojke (035) pokazuju vrijednost atmosferskog tlaka izobare od 1035 mb. Slijedeće grupe daju geografske koordinate pozicija niza tačaka na dotičnoj izobari, koje služe za crtanje izobare. Na primjer, 03275 — 32°N i 75°W; 03870 — 38°N i 70°W itd. Na svakoj crtanoj izobari ispisuje se njena vrijednost u mb. Izobare se daju obično svakih 4 ili 5 mb. U slučaju ispuštanja pojedinih izobara, one se ucrtavaju grafičkom interpolacijom. Izobare su normalne crte bez prijeloma, osim na crtama frontova.

U mnogim lukama postoje meteorološki centri (uredi) od kojih brodovi dobijaju iscrtane vremenske karte sa ispisanom analizom, odnosno prognostičke karte vremena i stanja mora duž planirane rute ili preporuku alternativne rute. To je od posebnog značaja pri planiranju putovanja jer emisije u otvorenom govoru o sinoptičkoj situaciji i područnim prognozama nisu dovoljne.

**220. Faksimil.** — Posljednjih nekoliko godina Svjetska meteorološka služba sve se više koristi razvitkom elektronske tehnike, za emitiranje informacija o vremenu. Rezultat toga su i faksimil-emisije (FAX) sinoptičkih konzultacija (površinskih) i prognoza za pomorstvo. Putem radija brod obično prima vremenski bilten (t. 229), a preko faksimila vremensku (prognozističku) kartu. U posljednje vrijeme sve se više iskorištava i televizija u službi vremena. TV-emisiju prenosi sinoptički centar. Sinoptičar radiofonski daje sva objašnjenja i po potrebi pokazuje elemente ucrtane na karti. Dok se ne počne primjenjivati televizija u boji, vrsta fronta označava se odnosnim nazivom na samoj karti.

Postoji nekoliko sistema za predaju i primanje karata putem faksimila. Svi su oni slični načinu prenošenja telefotografija.

*Sistem faksimila koji primjenjuje britanska meteorološka služba je slijedeći:* Na valjak predajnika, koji se okreće neprestanom brzinom od jednog ili dva okreta u sekundi, nalazi se sinoptička karta u crno-bijelom tisku. Karta se snima pomoću sprave s fotoćelijama. Varijacije između bijele podloge i crnog tiska karte preko fotoćelija uzrokuju električne impulse koji se prenose radijom ili telegrafom. U radio-prijemniku (telegrafskom prijemniku), podešenom na odgovarajuću radnu karakteristiku predajnika, radio (telegrafski)-impulsi prouzrokuju promjenu napona električne struje. Grafički indikator prijemnika faksimila sastoji se od valjka, na kome je namotan električni osjetljiv kemijski prepariran papir, metalne podloge karte i pisača u obliku rotacijske spirale. Valjak prijemnika okreće se odgovarajućom brzinom, kao i kod predajnika, a papir prolazi između metalne podloge i pisača. Elektro kemijskim djelovanjem, na papiru se upisuju znakovi (tragovi) koji odgovaraju znakovima na karti predajnika. Kretanje papira i rotacija pisača uzrokuju da upisani znakovi (tragovi) čine niz crta koje na kraju daju pojedine baričke sisteme odnosno vremensku kartu. Radne frekvencije su takve da se prijemnik faksimila može uključiti na svaki brodski radio-prijemnik.

Iako danas još nema mnogo brodova opremljenih faksimilom, dosadašnje emisije potvrdile su njegovu korisnost u praćenju i prognoziranju vremena. Plan radio-faksimilskih emisija, iako su one za opće meteorološke svrhe, pokazuje da se on danas naročito uspješno može iskoristiti i za brodove, naročito u sjevernom Atlantiku. Posebno su korisne emisije koje se odnose na analizu i prognozu sta

nja mora, kao i na stanje leda. Za primanje jedne emisije brodu je potrebno oko 20 min. Vrlo je važno što faksimil-karte daju sliku vremenske situacije tačno onako kako ju je izradio profesionalni meteorolog, bez mogućih grešaka koje mogu nastati pri šifriranju, dešifriranju, odašiljanju i primanju izvještaja.

Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskog života na moru, iz 1960. g., zahtijeva da zemlje potpisnice sporazuma »traže transmitiranje prikladnih faksimila vremenskih karata« i da »se pobrinu, ukoliko je to izvedivo, za publiciranje i raspodjelu dnevnih vremenskih karata za informiranje brodova prije napuštanja luke«.

## 6. OSNOVE PROGNOZE VREMENA

**221. Opće o prognozi vremena.** — Ljude uopće, a posebno pomorce, oduvijek je zanimalo vrijeme i zato su prve prognoze vremena davane na osnovi lokalnih motrenja i vlastitom iskustvu.

U davna vremena pomorac ne bi isplovio brodom a da prije ne promotri nebo i okolinu zbog eventualnog otkrivanja nekog znaka koji bi ga upozorio na budući razvoj vremena. Za predviđanje vremena duž plovne rute imao je na raspolaganju samo podatke osobnog motrenja. Stanje naoblake, kretanje visokih oblaka, skretanje vjetra, barometarska tendencija, promjena stanja mora, promjena vidljivosti i sl. spadali su među motrenja koja su pomorcu davala predodžbu o vremenu koje bi moglo uslijediti u idućem bližem periodu. Na osnovi osobnog iskustva i poznavanja oceana i mora, primjenjivanjem raznih pravila, te proučavanjem raznih priručnika za plovidbu, uz osobna motrenja, zapovjednik broda bio je u stanju da u većini slučajeva donese korisne zaključke. Međutim, bilo je i pogrešnih zaključaka i neugodnih posljedica. Ipak, razna vremenska pravila i poslovice proizašle iz tadašnje prakse mogu se i danas uspješno iskoristiti kao nadopuna suvremenijim metodama prognoziranja vremena.

Ako vjetar pojačava, visoki oblaci postaju gušći, a barometar počinje padati, pomorac zna da se sigurno brodu približava ciklon (depresija) popraćen lošim vremenom, ali mu nisu poznate njegove karakteristike, gdje se nalazi njegov centar i kojim se pravcem kreće, ne raspolaže li osim motrenja i drugim obavještenjima. Upravo takvi elementi vremena osobito su važni jer od njih zavisi da li će brod nastaviti plovljenje istim kursom i brzinom ili ne. *U navigacijskim priručnicima, pilotskim kartama, meteorološkim atlasima i sl. možemo pronaći normalne staze ciklona i anticiklona, što daje opću osnovicu za procjenu navedenih elemenata. Međutim, osim poznavanja normalnog kretanja vremenskih sistema, važno je i stalno praćenje stvarnog stanja i prognoziranje razvoja vremena, a to nam omogućava sinoptička (vremenska) karta (t. 214) i vremenski bilteni koji se emitiraju brodovima* (t. 229).

**222. Vrste prognoza.** — Službene prognoze (weather forecast) vremena daju posebni meteorološki centri ili specijalizirane meteorološke službe. Prognoza može biti:

— *s obzirom na dužinu* — kratkoročna (do 12 ili 24 sata unaprijed), srednjoročna (2 do 7 dana unaprijed) i dugoročna (više od 7 dana unaprijed),

— *s obzirom na namjenu* — opća ili specijalna (za pomorstvo, zrakoplovstvo i sl.).



*U općoj prognozi* daje se općenito predstojeći karakter vremena za određeno područje i vremenski period od 12 do 24 sata.

*Specijalna prognoza* za pomorstvo izdaje se obično za 12 i 24 sata unaprijed. Ta prognoza može biti prethodna, prognoza za period plovljenja i redovita prognoza u toku plovljenja.

Prethodna prognoza izdaje se za period od 12 sati radi orijentacije pri pripremanju plovljenja.

Prognoza za period plovljenja izdaje se pismeno, neposredno prije otplovljenja.

Redovita prognoza emitira se putem radija u određenim emisijama u vremenskim biltenima.

U glavnim meteorološkim centrima opisane prognoze rade se za svakih šest sati, a temelje se na osnovi motrenja u glavnim sinoptičkim terminima. To omogućava kontinuirano praćenje razvoja sinoptičke situacije i na taj način postiže se realnija prognoza vremena. Ako vlastita motrenja ili vremenski bilteni ne pokažu da je primljena prognoza pogrešna, u službenu prognozu vremena treba imati potpuno povjerenje. Da bi se dobila prava slika očekivanog kretanja i razvoja vremena, korisno je redovito na karti ucrtavati centre i staze postojećih baričkih sistema.

Ako brod primi prognostičku kartu vremena, s izobarama i frontovima, pomorac će biti u stanju da procijeni vrijeme, vjetar i stanje mora. Prime li se samo prognozirane pozicije centara glavnih baričkih sistema ili samo njihova očekivana kretanja, preporučuje se crtanje grube prognostičke karte vremena. Pošto smo skicirali prognostičku kartu, bit će nam lakše procijeniti vrijeme, vjetar i stanje mora duž plovne rute.

Kada se ne raspolaže nikakvim prognostičkim informacijama, pomorac postaje prognostičar, tj. mora se osloniti na osobnu prognozu. Pažljivim analiziranjem tekuće vremenske karte i uspoređivanjem te karte sa prethodnim vremenskim kartama, primjenom određenih pravila za prognoziranje i korištenjem podataka osobnih motrenja, može se doći do zamišljene slike o vremenskoj situaciji u bliskoj budućnosti.

*U slijedećim izlaganjima iznijet će se opći pojmovi o prognoziranju vremena, a posebno o mogućnostima prognoziranja vremena na osnovi vremenskih karata koje se crtaju na brodu.*

**223. Osnove prognoziranja vremena korištenjem vremenskih karata.** — Rad na prognozi vremena može se općenito podijeliti na dva dijela:

— pomoću analiziranih vremenskih (sinoptičkih) karata utvrde se one promjene u sinoptičkoj situaciji do kojih mora doći u periodu za koji se daje prognoza,

— na osnovi prognoze sinoptičke situacije zaključi se o promjenama i toku promjena meteoroloških elemenata za period prognoze.

Da bi mogao uspješno analizirati postojeću vremensku sinoptičku kartu i procijeniti bliži razvoj vremena, pomorac treba da u datim uvjetima p o z n a j e:

— *opće i lokalne klimatološke uvjete područja plovljenja, tj. klimatsku pozadinu sinoptičke situacije,*

— *tipove vremenskih sistema na prostranom području (hemisfera, ocean, kontinent),*

— *tipove oluja i vremenskih nepogoda,*

— *opća pravila o kretanju, razvoju i prognoziranju vremena, a posebno onih meteoroloških elemenata koji utječu na sigurnost broda i tereta.*

Karakteristiku bilo koje sinoptičke situacije (karte) lakše ćemo shvatiti ako je usporedimo s normalnom vremenskom kartom dotičnog mjeseca ili godišnje dobi, zasnovanom na prosječnim klimatskim uvjetima. Te karte sadrže raspodjelu srednjih vrijednosti atmosferskog tlaka i vjetrova, prosječan raspored zračnih masa i frontalnih zona, kao i svih ostalih elemenata od kojih zavisi vrijeme.

Pojedina vremenska (sinoptička) situacija ne mora tačno pripadati određenom tipu vremenskog sistema, jer su mnoge od njih prijelaz između jednog i drugog tipa. Međutim, korisno je brodsku vremensku kartu metodom analogije usporediti prema tipu vremena koji joj je najbliži. Takvi tipovi vremenskih sistema postoje na oceanima i oni se normalno prikazuju pomoću petodnevnih karata s jasno izraženim razlikama u općoj raspodjeli atmosferskog tlaka, raspodjeli zračnih masa, srednjim stazama ciklona i sl.

Npr. današnja vremenska karta za termin 06.00 sati uspoređuje se s nizom karata koje pokazuju slične tipove vremenskih sistema da bi se pronašla sinoptička situacija koja bi s postojećom bila približno jednaka. Ta najbolja odgovarajuća analogija mora zadovoljiti ove uvjete: najprije sličnost na prostranom području, zatim u sve tri dimenzije, a na kraju i sličnost u prethodnom razvoju. Kada je određena jedna ili nekoliko najboljih analogija, proučavaju se sve one karte koje dolaze nakon nađenih analognih termina. To omogućuje da se razvoj određenog vremenskog sistema (sinoptičke situacije u prošlosti) iskoristi za prognozu razvoja tekućeg vremena (sinoptičke situacije).

Pri analizi vremenske karte, pomorac mora posebnu pažnju obratiti olujama i vremenskim nepogodama (t. 200—212). Pri tome mora imati na umu da vrtložna oluja nije jedini tip oluje. Zbog toga on mora uzeti u obzir ne samo staze oluja već i mogućnosti stvaranja strmih gradijenata atmosferskog tlaka na drugim područjima.

Opća pravila o prognoziranju vremena treba primjenjivati veoma oprezno, jer svako pravilo ne vrijedi i za svaku vremensku (sinoptičku) situaciju.

Prognoziranje vremena za neko vrijeme unaprijed moguće je zato što se u srednjim geografskim širinama vremenski sistemi, osobito depresije, po pravilu gibaju od zapada prema istoku, pa iako zbog promjenljivih uvjeta pri tome mijenjaju strukturu, oni uglavnom nose sa sobom svoje tipične vremenske karakteristike. Zbog raznih činilaca postoje mnoge komplikacije u promjeni pojedinih meteoroloških elemenata, ali su ipak poznate činjenice o vantropskim ciklonima (depresijama) i anticiklonima omogućile prognoziranje vremena. Proučavanjem vremenskih karata, primjećujemo da ima vremenskih sistema koji se određeno vrijeme ponašaju po nekom pravilu, a nakon toga iščezavaju. Njih zamjenjuju novi sistemi i, dok se ovi ne počnu oblikovati, možemo samo predvidjeti njihov dalji razvoj.

Vantropski cikloni imaju svoja područja u kojima njihove staze češće zavijaju. U sjevernom Atlantiku to je Irmingerško more, između Islanda i južnog Grenlanda, gdje cikloni zakreću u suprotnm smjeru kretanja kazaljke na satu i usporavaju svoje kretanje. Posljedica toga je poznata *islandska depresija.* Nasuprot tome, južno i istočno od Newfoundlanda, gdje postoji znatni kontrast između masa tople i hladne morske vode, vantropski cikloni pokazuju tendenciju ubrzanog kretanja.

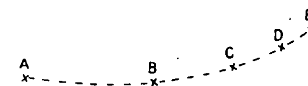
*Prosječna brzina kretanja vremenskih sistema u srednjim i višim geografskim širinama* znatno varira o godišnjoj dobi i iz područja u područje, zavisi i od opće vremenske situacije. Prosječna brzina kretanja frontalnih ciklona (depresija) iznosi 20 do 30 čv, a okludiranih ciklona 10 do 15 čv. Ta brzina kretanja može biti i preko 50 čv, i to u zimskim mjesecima.

*Guilbert-Grossmanovo* pravilo daje mogućnost procjene brzine kretanja vremenskih sistema: »Dolina niskog tlaka ili zatvorena depresija teži da se za 24 sata premjesti na mjesto grebena visokog tlaka koji ide ispred nje, a ovaj greben nastoji da se za 24 sata premjesti na mjesto doline koja ide ispred njega.« Čest je interval između jedne i druge doline odnosno između jednog i drugog grebena 48 sati*. To pravilo vrijedi za umjerene geografske širine. U suptropskim i tropskim širinama taj razmak iznosi oko 5 dana.

Ako ispred pokretne depresije (doline) nema grebena visokog tlaka, možemo se koristiti ovim pravilom: »Ako su od primarne do sekundarne depresije zajedničke izobare zatvorene, sekundarna depresija nastoji da se kreće oko primarne depresije tako da nakon 24 sata njen centar dođe blizu najdublje zatvorene zajedničke izobare.«

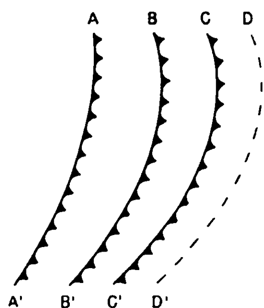
*Metoda formalne ekstrapolacije* najčešće se primjenjuje pri određivanju buduće staze i brzine kretanja odnosnog baričkog sistema, fronta ili drugog atmosferskog poremećaja. To se postiže uporeďenjem današnje vremenske karte i karte istog termina prethodnog dana. Pretpostavimo da će se oni i u iduća 24 sata kretati u istom smjeru i istom brzinom, pa na osnovi tih elemenata i predviđamo njihovo buduće kretanje. Tačniji podaci dobivaju se uspoređenjem karata nekoliko uzastopnih termina. Četiri vremenske (sinoptičke) karte u 24 sata s intervalima od šest sati, koje se sastavljaju u meteorološkim centrima (ustanovama), davaju dovoljno tačne podatke. Tome se uvijek priključuje i iskustvo sinoptičara, s usvojenim empiričkim pravilima i poznavanjem klimatoloških uvjeta. Ta se metoda uglavnom primjenjuje za davanje kratkoročne prognoze, što odgovara brodskim potrebama.

Pretpostavimo da se centar ciklona (depresije) kretao od A do B šest sati (sl. 111), a za isto toliko vremena i između slijedećih tačaka, B do C, odnosno C do D, itd. Ekstrapolacijom zaključujemo da će se taj barički sistem kretati duž krive crte ABCDE, i to usporenom brzinom.




*Sl. 111. Procjena budućeg položaja centra ciklona (depresije) metodom ekstrapolacije*

* Otuda izreka »Kakvo je vrijeme u petak, takvo će biti u nedjelju«.




*Sl. 112. Procjena budućeg položaja fronta ciklona metodom ekstrapolacije*

Kretanje fronta za neki period vremena dobiva se određivanjem brzine geostrofičkog vjetra na nekoliko tačaka dotičnog fronta. Dobiveni podaci metodom ekstrapolacije unose se iz svake te tačke u smjeru okomitom na front.

Na sl. 112, metodom ekstrapolacije određeni su položaji hladnog fronta u intervalima od šest sati (AA', BB' i CC'). Položaj fronta nakon slijedećih šest sati može se očekivati u DD', jer je očito posrijedi jednako usporeno kretanje fronta.

**224. Opća vremenska pravila.** — Ekstrapolacija je laka i jasna metoda prognoze, ali je nepouzdana ako se ne uzimaju u obzir lokalni uvjeti i teoretska ograničenja koja su data u obliku brojnih pravila korisnih za praktične svrhe. Neka od tih pravila jesu ova:

*Kretanje i razvoj ciklona (depresije).* Svi cikloni (depresije) kreću se od područja s rastućim atmosferskim tlakom prema području s tlakom u opadanju. Smjer kretanja depresije po pravilu je prema području najvećeg pada barometarske tendencije. Ako su promjene tlaka simetrične u odnosu prema centru depresije, depresija mora ostati stacionirana. To se pravilo može primijeniti samo kada je poznata vrijednost barometarske tendencije.

Mali cikloni (depresije) zahvaćeni cirkulacijom nekog većeg depresivnog sistema kreću se smjerom glavne cirkulacije. Sekundarne depresije pokazuju tendenciju ciklonalnog kretanja (u obrnutom smjeru kazaljke na satu) oko primarne depresije. Kada je sekundarna depresija po veličini i dubini slična primarnoj, obje depresije nastoje da se okreću jedna oko druge u ciklonalnom smjeru.

Duboki cikloni nakon potpune okluzije (primarna depresija, centralni ciklon) kreću se polaganije od plitkih, a katkada i na nepravilan način.

Ciklon (depresija) s toplim sektorom kreće se niz struju u smjeru gotovo usporednom s izobarama toplog sektora. Brzina kretanja centra približno je 4/5 brzine geostrofičkog vjetra, dobivene na osnovi izobara tog ciklona (depresije) (približno odgovara brzini vjetra u toplom sektoru).

Cikloni (depresije) kreću se pretežno istom brzinom kao i topli front, a sporije od hladnog fronta.

Kada neki ciklon (depresija) ima prostrani topli sektor, treba očekivati njegovo produbljavanje, koje se pojačava sužavanjem toplog sektora. Produbljavanje se smanjuje procesom okluzije.

Cikloni (depresije) teže da se kreću oko prostranih toplih stacioniranih anticiklona, i to u smjeru strujanja koja vladaju oko njihovih granica.

Kada ciklon (frontalni) okludira i uspori kretanje, iza okludiranog (hladnog) fronta može se razviti dolina niskog tlaka. Predznaci toga su padanje atmosferskog tlaka i ponovno skretanje vjetra ulijevo (pošto je pri prolazu fronta bio skrenuo udesno). Udaljenost između osi doline i fronta iznosi od 200 do 600 M. U takvoj dolini mogu se očekivati vjetrovi uraganske jačine i jako razvijeno more.

Okludirani ciklon (depresija) nastoji da se kreće polagano ulijevo (na N-hemisferi) od svoje prethodne staze. U isto vrijeme on usporava kretanje ili postaje stacioniran, slabi ili se popunjava (naročito iznad relativno hladnog mora i kopnene površine).

Kada se na mjestu okluzije formira sekundarni centar niskog tlaka, njegovo kretanje je u smjeru toplog sektora ili desno od njega.

Cikloni (depresije) nastoje da se zbiju u seriji, a svaka pojedina depresija približno slijedi stazu prethodne, nešto pomaknutu prema ekvatoru.



Nefrontalni cikloni (depresije) nastoje da se kreću u smjeru najjačih vjetrova, tj. u smjeru najgušćih izobara.

*Kretanje i razvoj anticiklona.* — Anticikloni se kreću od područja s padajućim tlakom prema područjima s rastućim tlakom. To se pravilo primjenjuje samo ako je poznata barometarska tendencija.

Staza pokretnog (hladnog) anticiklona sa zatvorenim izobarama zakreće udesno (na N-hemisferi) od staze prethodnog ciklona.

Anticiklon ili greben visokog tlaka, koji razdvaja dva susjedna ciklona (depresije) iste serije (niza), kreće se s tim ciklonima (depresijama), u istom smjeru i s istom brzinom.

U poređenju s kretanjem ciklona (depresija), anticikloni se kreću sporije, osim prethodnog slučaja.

Hladni anticiklon koji stacionira ili se vrlo sporo kreće u srednjim i suptropskim geografskim širinama brzo se trasformira u topli anticiklon. Takav anticiklon djeluje kao centar koji usmjerava kretanje ciklona prema sjeveru.

Anticiklon koji se sporo kreće ili je stacioniran ispred ciklona znatno utječe na kretanje ciklona, tj. ciklon ga mora zaobići. Ako to ne učini, ciklon će usporiti svoje kretanje ili postati stacioniran.

Anticiklon formiran prodorom polarnog zraka iza hladnog fronta neke frontalne depresije (zafrontalni hladni anticiklon) kreće se s masom hladnog zraka, obično prema nešto nižim geografskim širinama. Za vrijeme tog kretanja on jača, dok pretfrontalni (suptropski) topli anticiklon slabi.

Mali zatvoreni anticiklon kreće se brže od velikog ciklona. Veliki topli anticiklon kreće se sporije i često nepravilno.

*Kretanje fronta.* — Frontovi u prizemlju u većini slučajeva se kreću smjerom komponente gradijentnog vjetra okomite na front i brzinom strujanja zraka na visini niskih oblaka koji se nalaze ispred fronta. Nužno je uvijek usporediti novi položaj fronta s njegovim prethodnim položajem.

Brzina kretanja toplog fronta može se normalno uzeti kao 2/3 brzine geostrofičkog vjetra, dok je brzina kretanja hladnog fronta obično ista ili nešto veća od brzine geostrofičkog vjetra.

Guste izobare koje sijeku front ukazuju na brzo kretanje fronta.

Što se front brže kreće, to više pada tlak ispred toplog fronta, a raste iza hladnog fronta.

Front paralelan s izobarama ostaje stacioniran ili se sporo kreće, i njegova karakteristika slabi.

Za gotovo stacionirani front, smjer njegova kretanja određen je barometarskom tendencijom; front nastoji da se kreće prema strani na kojoj atmosferski tlak pada.

*Vremenska karta omogućava nam procjenjivanje nekih* meteoroloških elemenata koji su od bitne važnosti za sigurnost broda i tereta.

*Procjena smjera i brzine vjetra.* S dovoljnom tačnošću brzina vjetra može se odrediti pomoću posebnih tablica ili dijagrama (npr. Rudloffov nomogram vjetra). Pri procjeni brzine vjetra iz brodske vremenske karte treba imati na umu:

— pri istom razmaku izobara, na nižim geografskim širinama, puhat će jači vjetar nego na višim,

— hladne nestabilne zračne mase iznad tople vode uzrokuju jače vjetrove nego tople stabilne zračne mase iznad hladne vode za isti razmak izobara.

Procjena smjera vjetra na otvorenom moru iz vremenske karte lakša je od procjene brzine. U većini slučaja vjetar siječe izobare pod kutom 10°—20° u smjeru baričkog gradijenta. U obalnim vodama iz vremenske karte teže je procijeniti smjer vjetra.

*Procjena valova.* Za procjenjivanje elemenata valova može se primijeniti tablica na str. 141—142 i 152—153. Međutim, treba imati na umu da u formiranju valova važnu ulogu imaju trajanje i jačina vjetra, prostranstvo, postojanost smjera i brzine vjetra.*

* Hogben i Lumb: »Ocean Waves statistics«, London 1967. Taj priručnik daje potrebne podatke o valovima za sve važnije svjetske plovne rute.

Za što bolju procjenu valova treba usporediti nekoliko vremenskih karata, te redovito primati vremenske biltene i prognoze o stanju mora.

Slijedeća tablica također omogućava približnu procjenu širenja valova mrtva mora iz predjela s razvijenom olujom.

| Tip oluje | Trajanje oluje (dani) | Period (s) | Brzina valova (čv) | Prevaljeni put za 24 sata (M) |
|---|---|---|---|---|
| uraganska oluja (10—12 Bf) | 0,5<br>1<br>1,5 | 12—14<br>14—16<br>16—19 | 18 —21<br>21 —24<br>24 —29 | 430—510<br>510—580<br>580—690 |
| žestoka oluja (oko 10 Bf) | 0,5<br>1<br>1,5 | 11—13<br>13—15<br>15—17 | 16,5—20<br>20 —23<br>23 —26 | 400—470<br>470—550<br>550—620 |
| olujni vjetar (9 Bf) | 0,5<br>1<br>1,5 | 10—12<br>12—14<br>13—15 | 15 —18<br>18 —21<br>20 —23 | 360—430<br>430—510<br>470—550 |
| vrlo jak vjetar (8 Bf) | 0,5<br>1<br>1,5 | 9—10<br>11—13<br>12—14 | 13,5—15<br>16,5—20<br>18 —21 | 330—360<br>400—470<br>430—510 |
| jak vjetar (7 Bf) | 0,5<br>1<br>1,5 | 8—10<br>9—11<br>10—12 | 12 —15<br>13,5—16,5<br>15 —18 | 290—360<br>330—400<br>360—430 |

*Procjena vidljivosti.* Ako na vremenskoj karti nisu ucrtani podaci iz brodskih izvještaja, vidljivost se može procijeniti samo na osnovi klimatskih podataka područja plovljenja. Razvoju slabe vidljivosti zbog magle ili sumaglice pogoduju: topli zrak koji struji iznad hladnog mora, sporo kretanje zraka i anticiklonsko stanje vremena.

Polarni zrak u pozadini hladnog fronta normalno donosi dobru vidljivost, osim za lokalnih pljuskova i snijega. Morski tropski zrak pri strujanju iznad hladnijeg mora (na sjeveru) pogoduje stvaranju rosulje, sumaglice i magle. Slaba vidljivost obično vlada na toplim frontovima i ispred njih. Jaki vjetar i magla rijetka je zajednička pojava. Pri vedrom vremenu i tišini, a s dovoljnom vlažnošću zraka, nad kopnom stvara se magla koju vjetar nosi prema moru. Promjena smjera vjetra i brzine predznak je prestanka magle.

*Procjena magle.* Opasnost od magle varira prema godišnjoj dobi, smjeru i jačini vjetra, geografskim i oceanografskim prilikama područja i sl. Područja širokih pruga hladne vode okružena toplijim vodama ili kopnom posebno su pogodna za razvoj magle. Takva područja nastaju zbog: advekcije (npr. utjecajem Labradorske struje), izviranja hladnije vode uz relativno toplije obale (npr. zapadne obale sjeverne i južne Afrike, obale Čilea i Kalifornije), vertikalnog strujanja zraka nad područjima s izrazitim morskim mijenama (npr. Engleski kanal), jačeg sezonskog zagrijavanja okolnog kopna (npr. Baltičko more) i sl. Za procjenu magle, uz vremensku kartu, osobito je važno poznavanje klimatskih podataka područja plovljenja.

*Procjena oborina i tipa vremena.* Vrši se na osnovi analize vremenske karte, pošto su na njoj uneseni podaci iz vremenskih izvještaja. Važno je imati na umu aktivnost ciklona, V-depresija, dolina niskoga tlaka i frontova. Posebno su važne V-depresije koje se formiraju na južnoj polovici ciklona (na N-hemisferi) odnosno na sjevernoj polovici (na S-hemisferi). Te su depresije izvori oluja popraćenih žestokim udarima vjetra promjenljivog smjera i obilnim oborinama iz oblaka koji se dižu uvis. Zone oborina šrafiraju se olovkom ili zelenom bojom.

*Procjena zaleđivanja i nakupljanja leda na brodu.* Približavanje veoma hladnog kontinentalnog zraka s temperaturom znatno ispod tačke smrzavanja, uz jake olujne



vjetrove i temperaturu mora oko 0°C, siguran je predznak nagomilavanja leda na nadgrađu broda. Uz to treba analizirati stvarnu vremensku situaciju i imati u vidu klimatološke uvjete područja plovljenja.

*Iznijete su osnove prognoziranja primjenom pravila i brodske vremenske karte. Međutim, od toga se ne može odvojiti sve ono što je izneseno u poglavljima o meteorološkim elementima, o općoj cirkulaciji atmosfere, ciklonima i anticiklonima, o zračnim masama i frontovima i sl., jer nam upravo to omogućava da damo dijagnozu vremena, bez čega nema ni govora o davanju vremenske prognoze i u najopćenitijim crtama.*

**225. Prognoziranje vremena po lokalnim predznacima.** — Mogućnost prognoziranja vremena prema lokalnim predznacima je potrebno i korisno poznavati jer meteorološki centri daju pretežno opću prognozu, a manje se osvrću na lokalni razvoj vremena. Može se pojaviti i takav slučaj da ne raspolažemo vremenskom (sinoptičkom) kartom, a potrebna je prognoza. U tom slučaju izraziti lokalni predznaci dobivaju praktično značenje. Važno je ne osnivati se na izoliranim znacima, već na njihovoj ukupnosti. Na primjer, sam pad barometarskog tlaka nije dovoljan dokaz približavanja toplog fronta, ali doda li se tome odgovarajuća promjena oblačnosti i smjera vjetra, možemo već biti sigurni u prognozu. Da se to postigne, treba istovremeno primijeniti instrumentalna motrenja i vizualna, a naročito motrenja oblaka.

Prognoza vremena prema lokalnim motrenjima, potpomognuta uvidom u sinoptičku situaciju i izvještajima vremenskih biltena, može biti veoma korisna kad nemamo mogućnosti da konsultiramo sinoptičara. U tu svrhu iznijet ćemo nekoliko općih iskustvenih pravila koja se odnose na pogoršanje vremena i pravila koja posebno vrijede za istočni Jadran.

**a) Općenita vremenska pravila kojima se najavljuje pogoršanje vremena.**

P r i b l i ž a v a n j e *ružnog vremena.** Dok je još vrijeme lijepo, brodski oficir nastoji da ne bude iznenađen nevremenom ili naglom promjenom vremena. On sistematski motri stanje barometra, oblake, vjetar, temperaturu i vlagu i registrira sve njihove promjene i tendencije. Evo nekoliko karakterističnih predznaka koje dobivamo motrenjem tih elemenata:

*Izgled neba — oblaci.* Visoki oblaci bez sjene na vedrom nebu (Ci, Cç, Cs), koji se kreću od zapada i ne iščezavaju, predskazuju dolazak toplog fronta ili pad atmosferskog tlaka pred dolazak tog fronta. Prije zaključka motrilac mora provjeriti identitet tih oblaka.

Pramenasti (fibratus) ili kukasti (uncinus) Ci-oblaci imaju specifično depresivni karakter ($C_H = 4 - 7$). Oni bez ikakve sumnje predskazuju dolazak toplog fronta ili fronta okluzije, tj. prisustvo ciklona u blizini mjesta motrenja. Ali Ci-oblaci mogu biti i na anticiklonalnom nebu ($C_H = 1$ i 2). Ci-oblake anticiklona (lijepa vremena) raspoznajemo po tome što su po svom općem izgledu gušći nego kod ciklona (depresije), a osobito što su manje pokretni. Ostaju dugo vremena u istom predjelu neba i ne ustupaju mjesto nižim oblacima koji nailaze iza njih, a atmosferski tlak ne pada. Što je veća brzina kretanja Ci-oblaka, to je i pogoršanje vremena bliže motriocu.

* Pod ružnim vremenom razumijeva se vrijeme prije oborina, za vrijeme oborina i poslije oborina. Za pomorca promjena vremena znači pogoršanje odnosno približavanje »ružnog« (olujnog) vremena.

Kad se iz bilo kojeg razloga ne mogu vidjeti visoki oblaci, tada nas srednji oblaci (As i Ac), koji iza njih dolaze, upozoravaju na približavanje nevremena. Ac-oblak, koji daje nebu olovni izgled, uvijek predskazuje blizinu centra ciklona.

Ci-oblaci, koji se gomilaju u SW kvadrantu horizonta, predznak su bure.

Pošto se ustanovi da su visoki oblaci koji zastiru nebo ili koji dolaze iza Cu-oblaka lijepog vremena upravo oblaci ciklona, treba obratiti pažnju na smjer i brzinu perifernih oblaka, te motriti njihov položaj, smjer i brzinu. Na osnovi svih tih elemenata može se zaključiti položaj centra ciklona.

Ci-oblaci, koji dolaze s istoka i sjeveroistoka, povezani su s okludiranim ciklonom, a rijetko daju neprekidnu kišu. Kretanje Ci-oblaka sa SE znak je dolaska jakih oborina i prodora vrlo toplog zraka. Gusti sloj Ci i Cs-oblaka svjedoči o mladom ciklonu i redovito prethodi oborinama. Cc-oblaci tipični su za okludirane ciklone.

Što se tiče *daljine centra ciklona*, njega je nemoguće tačnije odrediti bez vremenske karte. Na osnovi slijedeće procjene strujanja u visini Ci-oblaka možemo izvesti dovoljno tačan zaključak:

— kad Ci-oblaci lete lagano, centar je daleko, tj. ciklon je velikog promjera;

— kad Ci-oblaci lete brzo, centar je blizu, tj. ciklon je malog promjera;

Cc-oblaci (ovčice) bez sjene, ako se kreću iz trećeg kvadranta, znače pogoršanje vremena s kišom. Cs, oblak tanke bjelkaste koprene, koji se stvara poslije Ci-oblaka, najavljuje uvijek pogoršanje vremena. Vijenac i kruna oko Sunca i Mjeseca odaju prisustvo Cs-oblaka ($C_H = 6$ i 5). Ako se halo pojava javi poslije podne ona sigurno najavljuje kišu. Nakon tih oblaka na nebu dolaze niži oblaci As translucidus ($C_M = 1$) i As opacus ($C_M = 2$).

Posljednja je faza razvoja oblaka pred kišu kad se pojave slojeviti i prugasti oblaci Ac i As (u više slojeva) ($C_M = 7$).

Ac-oblak, obično sastavljen od uskih pruga i kuglica, ako je sam na nebu, neznatno predskazuje ružno vrijeme. Međutim, ako je u obliku malih rastrganih grumena bez baze (floccus) ili ima veći broj ispupčenja na zajedničkoj bazi sa slabim vertikalnim razvojem (castellanus), predskazuje brzo pogoršanje vremena. Valoviti Ac-oblaci s određenim pravcem kretanja karakteristični su za hladne frontove i frontove okluzije.

Predznaci lokalne oluje vezani su za razvoj Cu-oblaka. Veliki Cu-oblaci (Cu congestus) ($C_L = 2$), veoma razvijeni po visini, obično iščezavaju po zalasku Sunca. Suprotno, ostanu li i dalje na nebu i počnu se kretati, može se očekivati ružno vrijeme. Olujni Cu-oblak s lepezom gustog Ci-oblaka (Ci spissatus) odaje neveru u razvoju ili je ona već nastupila.

Pojava Cu-oblaka lijepog vremena (Cu humilis) ($C_L = 1$), naročito ujutro, predskazuje *lijepo vrijeme*. Iznad naših otoka pokazuju dolazak maestrala.

*Boja neba.* Pred olujom, pri velikoj količini vlage odnosno proizvoda kondenzacije u zraku, nebo ima bjelkastu boju. U mutnom zraku vidljive su Sunčeve zrake koje izlaze iz oblaka. Naprotiv tome, pri suhom zraku nebo je plave boje.

Visoko i intenzivno purpurno večernje rumenilo prvi je znak približavanja toplog ili okludiranog fronta, tj. ružnog vremena. Ako je front zapadno od motrioca 1 000 — 2 000 km, Sunčeve zrake pri zalazu, prolazeći iznad fronta u tropskom zraku zasićenom prašinom, dobivaju crvenu boju.



*Atmosferski tlak i vjetar.* Pomorac mora biti u stanju da objasni promjene atmosferskog tlaka i vjetra kao važne predznake promjene vremena. Promjene atmosferskog tlaka (barometarska tendencija) pokazuju kretanje baričkog sistema.

Područje niskog tlaka (ciklon, depresija) po pravilu je nosilac ružnog vremena, a područje visokog tlaka (anticiklon) nosilac lijepog vremena. Ti sistemi po pravilu se kreću od W prema E. Uzme li se u obzir cirkulacija strujanja u tim baričkim sistemima (t. 188), približavanju ciklona na sjevernoj hemisferi prethode vjetrovi iz smjera NE do SE, a približavanju anticiklona prethode vjetrovi iz pravca NW do SW. Na osnovi toga, za područje *sjeverne geografske hemisfere* može se postaviti kao pravilo: *Vjetrovi iz E kvadranta i padanje tlaka upozoravaju na dolazak ciklonalnog (ružnog) vremena, a skretanje vjetra na W kvadrante na razvedravanje i lijepo vrijeme.*

Za lijepa vremena u tropskim predjelima i na Sredozemnom moru barometar pokazuje svakog dana dva minimuma (oko 04.00 i oko 16.00 sati) i dva maksimuma (oko 10.00 i 22.00 sati). Amplituda tlaka doseže 4 — 6 mb na ekvatoru i pada s povećanjem geografske širine. Za područja umjerenih širina, početak pada barometra označava da se motrilac nalazi na periferiji ciklona. Pri tome motrilac mora pratiti pad atmosferskog tlaka (krivulju barografa) da bi mogao potvrditi ili nadopuniti prije dobivene podatke, jer padanje tlaka samo potvrđuje indikacije ostalih predznaka nevremena. Ako tlak ne pada ili se malo diže, time se ne pobijaju ostali dobiveni podaci. Međutim, ako tlak pada, a ostali promjenljivi faktori ne uzmu depresivni tok, može se ipak pretpostaviti da je lijepo vrijeme već pri kraju, ali se ne smije unaprijed najaviti nevrijeme.

U pogledu prognoziranja jakosti i smjera vjetra lokalni prognostičar ne može dati određene podatke. Ipak smjer vjetra može biti približno predskazan tzv. Howardovim* pravilom: *»Izrazitim vjetrovima koji nose nevrijeme prethode pruge oblaka koje prelaze preko neba smjerom puhanja vjetra.«* U tim prugama uočljivi su periferijski Ci-oblaci. Vjetar puše usporedo ili gotovo usporedo sa smjerom kretanja tih oblaka.

Tablica na str. 252. sadrži sistematiziranu klasifikaciju podataka o atmosferskom tlaku i vjetrovima. Ona pokazuje kakve vremenske prilike možemo očekivati u datim uvjetima za područje sjevernog Atlantika između paralela $25^0$ i $70^0$. Uz poznavanje klimatskih prilika i primjenu ostalih metoda i brodskih pomagala za prognozu vremena, ti predznaci mogu korisno poslužiti u predviđanju budućeg razvoja vremena.

*Temperatura i vlaga.* Polazeći od lijepog vremena, izrazitiji jutarnji porast minimalne temperature u odnosu prema prethodnom danu predskazuje približavanje ciklona (depresije). To treba potvrditi i motrenjem oblaka.

Nenormalno povišenje temperature (naročito za hladna vremena) i povećanje vlage u zraku (naročito za suha vremena) treba smatrati kao predznak približavanja ciklona (depresije).

* Pomorci su već u vrijeme brodova na jedra primijetili da jedna od dviju tačaka konvergencije staza oblaka označuje približnu tačku horizonta odakle će vjetar puhati. Tu tačku nazvali su »tačka vjetra«. Prvo napisano pravilo formulirao je Howard početkom XIX st.

| Smjer vjetra | Atmosferski tlak (mb) | Tendencija tlaka | Karakteristika očekivanog vremena |
|---|---|---|---|
| SW do NW | 1019 — 1023 | stalan | Lijepo, neznatne promjene temperature. |
| SW do NW | 1019 — 1023 | naglo raste | Period lijepog vremena, nakon kojeg slijedi kiša. |
| SW do NW | 1023 i više | nepromijenjen | I dalje lijepo, male ili nikakve promjene temperature. |
| SW do NW | 1023 i više | polako pada | Lagani porast temperature i kratak period lijepog vremena. |
| S do SE | 1019 — 1023 | polako pada | Kiša u roku od 24 sata. |
| S do SE | 1019 — 1023 | naglo pada | Vjetar će pojačati, kiša u roku od 12 do 24 sata. |
| SE do NE | 1019 — 1023 | polako pada | Kiša u roku od 12 do 18 sati. |
| SE do NE | 1019 — 1023 | naglo pada | Vjetar će pojačati, kiša u roku od 12 sati. |
| E do NE | 1019 i više | polako pada | Ljeti, uz lagani vjetar, kiša ne mora pasti za nekoliko dana. Zimi kiša u roku od 24 sata. |
| E do NE | 1019 i više | naglo pada | Ljeti vjerojatno kiša u roku od 12 do 24 sata. Zimi kiša, odnosno snijeg, s pojačanim vjetrovima, često će nastupiti kada barometar počinje padati, a vjetar zapuše iz NE. |
| SE do NE | 1019 ili manje | polako pada | Kiša će i dalje padati 1 do 2 dana |
| SE do NE | 1016 ili manje | naglo pada | Kiša i olujni vjetar, a nakon toga u roku od 36 sati razvedravanje. |
| S do SW | 1016 ili manje | polako raste | Prolazan period razvedravanja. |
| S do E | 1009 ili manje | naglo pada | Žestoka oluja u bliskoj budućnosti, nakon koje u roku od 24 sata slijedi razvedravanje, a zimi hladnije vrijeme. |
| E do NE | 1009 ili manje | naglo pada | Žestoka oluja iz NE smjera i obilne oborine. Zimi obilan snijeg, popraćen prodorom hladnog zraka. |
| Skretanje na W | 1009 ili manje | naglo raste | Razvedravanje i hladnije. |

*Ostali predznaci.* Od empirijskih znakova, kojima se koristimo u prognozi vremena odnosno u približavanju nevremena, vidljivost je jedan od pouzdanijih, iako njeno tumačenje ostaje neizvjesno. Dobra vidljivost je predznak stabilna vremena, a slaba vidljivost predznak pogoršanja vremena.

Mnogo prije početka vjetra u depresivnom prostoru približavanje ciklona poremećuje redovne vjetrove—povjetarce (s kopna ili s mora). Općenito, povjetarci lijepa vremena ustupaju mjesto svakog dana dvama periodima tišine, prilikom izlaska odnosno zalaska Sunca. Te tišine sumraka traju sat-dva, a ponekad i tri sata.



Ako u toku dana umjesto normalne tišine zapuše vjetar ili vjetar nije onakav kakav bi trebao da bude u režimu vjetrova toga kraja, može se očekivati dolazak depresije.

Osobito niska voda znak je trajanja stabilna vremena, a veoma visoka voda znak približavanja odnosno održavanja ružnog vremena.

Tim predznacima mogu se dodati i oni psihološke prirode, koji manje vrijede za ljudski rod a više za neke životinjske vrste. Izgleda da su neke životinje, naročito morske ptice (npr. galebovi), osjetljivije na depresiju nego barometar i unaprijed se pripremaju (približavaju obali, visoko lete i sl.) za dolazak ružna vremena. Ponašanje riba je slično kao i ptica.

Postoje mišljenja da Mjesečeve faze utječu na vrijeme. Do danas nije uspjelo naučno utvrditi utječe li Mjesec stvarno na vremenske prilike Zemlje, osim što prouzrokuje morske mijene, koje ne mogu utjecati na promjenu vremena. Sličan je slučaj i s utjecajem Sunčevih pjega na vrijeme.

R a z v o j *ružna vremena.* Ružno vrijeme počinje kad jaki vjetar prolazi preko motriočeva mjesta. U tom trenutku lokalnom prognostičaru postavljaju se dva pitanja: opasnost nevremena i njegovo trajanje.

Raspolaže li se vremenskom (sinoptičkom) kartom, odgovor će biti olakšan. Ali, ako se ne poznaje staza centra ciklona, a također nema mogućnosti ucrtavanja izobara i frontova, lokalni prognostičar ne može ništa drugo učiniti osim da prati razvoj vremena nastojeći da ga ružno vrijeme ne iznenadi.

*Prednje područje ciklona.* Osnovni meteorološki elementi kao što su naoblaka, atmosferski tlak, vlaga i temperatura nastavljaju s evoluiranjem, tj. plafon oblaka se spušta, atmosferski tlak pada, a temperatura i relativna vlaga se povećavaju. Razvoj vremena je jače izražen što je ciklon dublji i mlađi. Protivno tome, u zrelom ciklonu razvoj je nesiguran.

Pošto se vjetar ustalio, položaj centra ciklona može se odrediti pomoću Buys-Ballotova pravila. Što god se centar ciklona više približava, to vjetar određenije skreće po pravilu rotacije. *Vjetar će biti jači što je skretanje vjetra sporije za vrijeme pada atmosferskog tlaka.*

Dakle, u prednjem području ciklona lokalni prognostičar nije dovoljno siguran u predviđanju smjera vjetra ni za kratko vrijeme. On samo motri njegov razvoj zajedno s ostala četiri osnovna meteorološka elementa. Pomoć vremenske karte je ovdje naročito potrebna.

*Stražnje područje ciklona.* Ako je ciklon (depresija) simetrična u odnosu prema centru, kao što je to slučaj kod tropskog ciklona, može se dobiti prilično jasna slika o trajanju ružnog vremena u njegovom stražnjem dijelu. Međutim, depresije na srednjim geografskim širinama nemaju tu simetriju, što isključuje detaljnu lokalnu prognozu koja se odnosi na trajanje ružnog vremena. Lokalni prognostičar nema mogućnosti da sazna kakva će biti naoblaka, pad temperature, pad vlage, porast atmosferskog tlaka, vjetar i konačno slabljenje ružnog vremena.

S v r š e t a k (p o č e t a k) *ružnog vremena.* Čim se vrijeme popravlja, ili kako se obično kaže »ljepša«, postavlja se pitanje hoće li to poboljšanje biti trajno ili privremeno. Treba saznati nalazimo li se pred nastupom anticiklona ili u početku prijelaznog intervala do nove depresije.

Karakteristike koje se odnose na anticiklon i na prijelazni interval dovoljno su jasne da se lokalni prognostičar neće zabuniti.

Uđe li brod u anticiklon, može se predvidjeti lijepo vrijeme ne određujući trajanje, ali se uvijek pazi na eventualne predznake nadolaska nove depresije, tj. ružnog vremena.

Uđe li motrilac u prijelazni interval do nove depresije, vrijeme se motri na način objašnjen za slučaj približavanja depresije.

Pojava Ci-oblaka u trakama u stražnjem dijelu ciklona koji se udaljava specifična je za nebo prijelaznog intervala i opravdava prognozu ponovnog početka ružnog vremena. To je obično predznak sekundarne depresije, i to često prilično duboke.

U nedostajanju Ci-oblaka dijagnoza prijelaznog intervala može se dati na osnovi drugih promjenljivih faktora, a naročito po nepotpunom ili obratnom skretanju prizemnog vjetra i po kolebljivom izgledu barografske krivulje.

Povratak na lijepo vrijeme nesiguran je sve dok barometar ne prijeđe visinu od 1015 mb i dok vjetar ne skrene sigurno na sjeverni kvadrant.

**b) Vremenska pravila za istočni dio Jadranskog mora.**

*Predznaci po kojima se može računati s nastavkom* v e d r o g *ili pretežno vedrog vremena:*

Vedrina uz tišinu znači nastavak lijepa vremena.

Nema promjene vremena dok se ne pojave oblaci.

Burin u svitanju, maestral poslije podne i ponovo burin noću osiguravaju lijepo vrijeme.

Ako u toku dana vjetar kreće za Suncem, potrajat će lijepo vrijeme. Ljeti, dok bura puše, kiša je daleko.

Ako za vedra vremena Sunce zađe jasno i do kraja živo rasvjetljava, ili se pojavi nebesko crvenilo, i sutradan će biti vjerojatno vedro vrijeme.

Dok je plima i oseka pravilna, ne treba očekivati pogoršanje vremena.

*Predznaci po kojima se može očekivati* p o g o r š a n j e *vremena:*

Pojava vidno pokretnih Ci-oblaka na vedrom nebu prvi je znak pogoršanja vremena.

Kad poslije potpuno vedrog dana za vrijeme zalaska Sunca iz suhe mutnoće, što se slegla na zapadnom horizontu, proviruju glave oblaka, sutradan vedrina neće biti potpuna.

Ako na zapadnom dijelu horizonta leži zid oblaka, osobito predveče, može se očekivati kiša kroz 24 sata.

Kada se vedrina neba pomuti i nebo postepeno u toku dana naoblači, odnosno zamrači, kiša je vrlo blizu.

Kad jugo uveče jača, može se očekivati pogoršanje vremena (kiša).

Ako za vedra vremena s burom vjetar skrene na istok, znak je pogoršanja vremena; pogoršanje će biti znatno ako vjetar prijeđe na jugoistočni smjer.

Zimski maestral je često preteča juga i vlažnog vremena.



Ako u svitanju puše lagana bura (burin), koja prijeđe u istočnjak, a zatim u jugo, ali ne skreće dalje (za Suncem), ne može se očekivati lijepo vrijeme.

Ako se u toplo doba godine umjesto maestrala pojave tišine, odnosno ako maestral u toku dana zakasni ili prestane puhati prije vremena, može se očekivati ružno vrijeme.

Zalazak Sunca uz vjetar iz južnog kvadranta, naročito iz SW, svakako znači kišu (snijeg) i pogoršanje vremena.

Vijenac oko Sunca ili Mjeseca, uz istovremeno puhanje vlažnog vjetra, nagovještava oborine.

Pojava duge ili jutarnjeg nebeskog crvenila u ranom jutru u većini slučajeva predznak je skore kiše.

Pojava izrazito visokih voda označava pogoršanje vremena.

Naglo topljenje snijega najčešće je znak prelaza u »meko«, tj. vlažno vrijeme.

*Predznaci i pravila* n e v e r e. U ljetnim mjesecima, ako je u toku jutra sparno, mutan horizont i tišina s gomilanjem oblaka, a visoki oblaci polako se kreću iz NW kvadranta, treba očekivati neveru u toku popodneva.

Sijevanje na zapadu, kada je nebo pretežno vedro, prijeti nevremenom, a u toplo doba godine neverom; sijevanje na istoku beznačajno je za vrijeme koje slijedi.

Ako poslije nevere zahladi i pojača vjetar iz NW kvadranta, sutradan je nevera manje vjerojatna.

Ako poslije prestanka nevere zapuše makar i lagan vjetar s jugoistoka ili istoka, ili se osjeća sparina, u većini slučajeva to je predznak za još koju neveru, ako ne istog dana, a ono idućeg. Sparina u toku noći, u ljetno doba, predznak je nevera za sutradan.

*Predznaci i pravila* o l u j e. Kada za vlažna vremena puše neujednačen vjetar iz NW kvadranta, a na maloj visini jure raskidani oblaci bez veze s višim oblacima koji daju nešto kiše, treba s velikom vjerojatnošću očekivati oluju (jaki udar vjetra s pljuskom kiše). Jutarnja oluja nagovještava za sobom i druge oluje u toku popodneva.

Ako se popodne makar jednom pojavi oluja, sutradan je najvjerojatnije neće biti.

Zimi i noću u bilo koje doba godine nema pravih oluja.

**226. Ocjena prognoze.** — Greške u prognoziranju vremena treba smatrati neizbježnim.

Na kvalitetu sinoptičkih prognoza mnogo utječu geografski uvjeti. Što je zakonomjerniji sinoptički proces, to je lakše i predvidjeti vrijeme. S obzirom na kretanje atmosferskih poremećaja od W prema E, sinoptičari koji se nalaze više prema istoku bit će u povoljnijoj situaciji nego oni prema zapadu. Naročito se to odnosi na Evropu jer su podaci s Atlantika prilično oskudni.

Metoda lokalne prognoze, takva kakva se provodi, ipak daje dobre rezultate, ali i neuspjehe. U lokalnoj prognozi kvaliteta prognoze prije svega zavisi od topografskih uvjeta. Zato je u predjelima s dobro izraženom topografijom teže predvidjeti vrijeme nego u ravnici. Zbog toga prognostičar mora dobro poznavati geografske uvjete svog rajona i njihov utjecaj na vrijeme.

Za usavršavanje lokalne prognoze nisu bitni instrumenti, već dobro poznavanje promjenljivih faktora kojima se koristi prognostičar. Znači, lokalni prognostičar treba da sačuva osnovno svojstvo te prognoze — jednostavnost i vezu s prirodom kako bi uočio druge faktore koji bi pridonijeli boljoj lokalnoj prognozi. Međutim, treba imati na umu da časnici na brodu imaju i drugih poslova osim praćenja promjena meteoroloških elemenata, te motrenja neba i stanja mora.

## 7. METEOROLOŠKA OBAVJEŠTENJA ZA POMORCE

**227. Općenito.** — Međunarodna konvencija za zaštitu ljudskog života na moru 1960. g. (glava V) obvezuje sve članice potpisnice i zapovjednike brodova da se pridržavaju svih njenih pravila koja se odnose na sigurnost plovidbe. Područja svjetskog mora dodijeljena svakoj zemlji data su na posebnoj karti.

Zapovjednik broda obavezan je u toku plovljenja predati vijest o svakoj opasnosti za brod na koju on naiđe. U smislu tog pravila kao navigacijska opasnost smatraju se opasan led ili ledeni brijeg, podrtina ili slična opasnost za plovidbu, tropska oluja (ciklon), temperatura zraka ispod tačke ledišta praćena vjetrovima olujne snage koji nagomilavaju led na nadgrađu broda, vjetar snage 10 Bf i više (za koji nije bilo primljeno upozorenje) i sl. Oblik obavijesti nije propisan. Upozorenja o nevremenu daju se hitno u otvorenom tekstu. Otvoreni tekst po pravilu se daje na jeziku dotične države i na engleskom. Upozorenja moraju biti što kraća, ali jasna i potpuna.

Konvencija sadrži i obaveze članica potpisnica u pogledu organizacije meteorološke službe na brodovima kao i organizacije službe izvještavanja radi sigurnosti plovidbe uopće, a posebno obaveze o službi motrenja leda, o brzini broda kad postoji opasnost od ledenih bregova u plovnim rutama u sjevernom Atlantiku.

Obalska služba SAD organizirala je specijalnu dopunsku službu za *pomoć u traženju i spasavanju brodova i brodolomaca* u vodama jednog dijela Atlantskog i Tihog oceana, Karipskog mora i Meksičkog zaljeva. Ta služba poznata je pod nazivom *AMVER (Automated Merchant VEssel Report)*. Trgovački brodovi preko radija daju Centru ove službe pozicije broda i podatke o ruti. U slučaju udesa nekog broda, elektronski uređaji automatski daju pozicije onih brodova koji su u stanju da najbrže pruže pomoć. Ti se podaci dostavljaju posebnoj centrali koja dalje rukovodi operacijom traženja i spasavanja. Međutim, ta organizacija ne oslobađa obaveze u pružanju pomoći i brodove koji nisu obuhvaćeni ovim sistemom.

**228. Sadržaj meteoroloških obavještenja.** — *Upozorenje o opasnosti zbog leda*, podrtine ili druge neposredne opasnosti za plovidbu treba da sadrži ove* podatke:

a) vrstu leda, podrtine ili opasnosti;

b) položaj leda, podrtine ili druge opasnosti posljednji put opažene;

c) datum i vrijeme po SGV kada je opasnost posljednji put opažena, a po mogućnosti i poziciju vlastitog broda.

Primjer: TTT Led. Veliki ledenjak opažen 3.04. u 09.30 SGV na poziciji 4604 N i 4412 W.

Primjer: TTT Podrtina. Gotovo pod vodom na poziciji 4004 N i 1244 W, opažena 23. 02. u 17.40 SGV.

Primjer: Brod svjetionik ALFA nije na svom mjestu. 14. 04. 18.00 SGV.

*Upozorenja koja se odnose na tropske ciklone* (uragani u Antilima, tajfuni u Kineskom moru, cikloni u Indijskom oceanu i u vodama Indijskog oceana i oluje slične prirode u drugim morima) *treba da sadrže ove* podatke:

* Led u moru opisan je u Navigaciji I, Simović.



a) međunarodni poziv (TTT)

b) vrstu upozorenja
   = oluja (engl. gale warning) (8—9 Bf)
   = jaka oluja (engl. storm warning) (10—11 Bf)
   = uragan (engl. hurricane warning) (12 Bf)

c) odnosno vrijeme po SGV

d) vrstu nepogode (npr. depresija, tropski ciklon i sl.) s naznakom mb barometarske tendencije i barometarskog tlaka u centru

e) geografsku širinu i dužinu mjesta nepogode

f) pravac i brzinu kretanja nepogode

g) opseg zahvaćenog područja, uključujući i stanje valova i mora (stanje mora: mirno, umjereno, uzburkano, burno; valovi: lagani, umjereni, teški; period ili duljina valova: kratki, srednji, dugi)

h) jačinu po Beaufortu (Bf) i pravi smjer vjetra u različitim dijelovima zahvaćenog područja

i) pozicija vlastitog broda, pravi kurs i brzinu broda

j) ostale indikacije (ako ih ima).

Primjer (slova se odnose na prethodno označeni redoslijed):

»(a) TTT; (b) upozorenje o nevremenu; (c) 14.08 u 00.15; (d) centar ciklona (depresije) 980 mb; (e) otkriven je na 4500 N i 2700 W; (f) putujući u pravcu nord-est brzinom 30 čv; (g) zahvaćajući područje 400 M od centra, s dugim umjerenim valovima mrtvog mora iz NW u NW i SW kvadrantu i srednje umjerenim mrtvim morem iz S do SW u SE kvadrantu, te konfuznim morem u NW kvadrantu; (h) vjetar NW jačine 8 u SW kvadrantu, NW do N jačine 9 u NW kvadrantu, SW do S jačine 9 u SE kvadrantu, te SE do S jačine 9 u NE kvadrantu; vjetar pojačava na 10 do 11 Bf na udaljenosti 200 M od centra u ovom posljednjem kvadrantu; (i) pozicija broda 2000 N i 6000 W, pravi kurs 265°, brzina 12 čv; (j) očekuje se da će se u centru ovog nevremena smanjiti brzina vjetra i da će okrenuti prema sjeveru sa slabim popuštanjem vjetra u iduća 24 sata.«

Nakon otposlane obavijesti o tropskom ciklonu ili o drugoj opasnoj oluji potrebno je i dalje vršiti motrenja i svakog sata (ne duže od tri sata) slati obavještenja dok se brod nalazi u području ciklona (oluje).

*Upozorenja koja se odnose na vjetar jačine 10 Bf i više,* za koji nije primljeno upozorenje o oluji, odnosi se na slučaj oluja koje nisu tropski cikloni. Kada se naiđe na takve oluje, obavijest mora sadržati podatke slične onima za tropske ciklone, ali bez pojedinosti koje se odnose na more i valove.

**229. Vremenski bilteni za pomorce.** — Putem tih biltena pomorcima se daju svi potrebni podaci o stanju i razvoju vremena za plovna područja i za određeni termin. Ti bilteni sadrže i po nekoliko izabranih šifriranih meteo-izvještaja, ranije primljenih s brodova (SHIP) ili kopnenih meteoroloških stanica (SYNOP) koji sa svojim podacima jednakomjerno pokrivaju određeno područje i omogućavaju crtanje i analizu vremenskih karata. Izdaju se najmanje dvaput dnevno*.

* Popis svih stanica koje daju meteorološke emisije za pomorce nalazi se u publikaciji Svjetske meteorološke organizacije *WMO TP. 4 Weather Reports, Vol. D (odjeljak B): Information for shipping.*

Sadržaj vremenskih biltena za brodove koji se odašilju radiografski je ovaj:

Dio I — Upozorenja o nevremenu — otvoren tekst.

Dio II — Kratak pregled sinoptičke i vremenske situacije — otvoren tekst.

Dio III — Prognoza vremena za odgovarajuće područje — otvoren tekst.

Dio IV — Šifrirana sinoptička konzultacija odnosno prognoza — po skraćenom međunarodnom ključu za pomorce — FM 46.D IAC FLEET (t. 218).

Dio V — Odabrani meteo-izvještaji brodskih stanica — po ključu FM 21.D SHIP (t. 175).

Dio VI — Odabrani meteo-izvještaji kopnenih stanica po ključu FM 11.D SYNOP (t. 174).

Dio VII — Dodatni meteo-izvještaji brodskih stanica (dio V).

Dio VIII — Dodatni meteo-izvještaji kopnenih stanica (dio VI).

Dio IX — Visinski izvještaji.

Dio X — Zrakoplovni izvještaji.

**230. Meteorološka radio-obavještenja u otvorenom tekstu.** — Objasnit će se organizacija koja se odnosi na područje Britanskih otoka i područje Jadranskog mora. U drugim područjima organizacija je slična.

a) *Britanska radio-korporacija BBC* emitira meteorološka obavještenja otvorenim tekstom na engleskom jeziku, i to četiri puta dnevno. Mogu se primati običnim radio-prijemnikom na području Atlantika od Islanda do Biskajskog zaljeva. Bilten uvijek počinje s upozorenjem na oluje, i to po područjima kako to pokazuje sl. 113.a (područje od $40^{0}$W do $20^{0}$E). Nakon upozorenja daje se opća situacija (s prilično dugačkim tekstom), prognoza za obalna morska područja i izvještaji s obalnih stanica. S obzirom na dosta dugačak tekst, treba se pripremiti prvenstveno za primanje podataka za područje u kojemu se nalazi brod. Te podatke najpraktičnije je evidentirati pomoću odabranih grafičkih znakova, po sistemu crtanja vremenske karte.

b) *Obalna radio-stanica Split* također daje nekoliko puta dnevno *meteorološka* obavještenja za pomorce. Emisije se daju otvoreno na hrvatskosrpskom jeziku, a zatim i na engleskom. Te emisije sadrže upozorenja na vremenske prilike na Jadranu (npr. magle, vjetar, 7Bf i jači, more 5 i jače, itd. — ako postoje), opću vremensku situaciju (položaj ciklona, anticiklona, frontova i njihova kretanja, vrijeme na Jadranu, Sredozemnom moru i sjevernom Atlantiku), prognozu za Jadran i Otrant za 12 odnosno 24 sata i vrijeme na Jadranu.

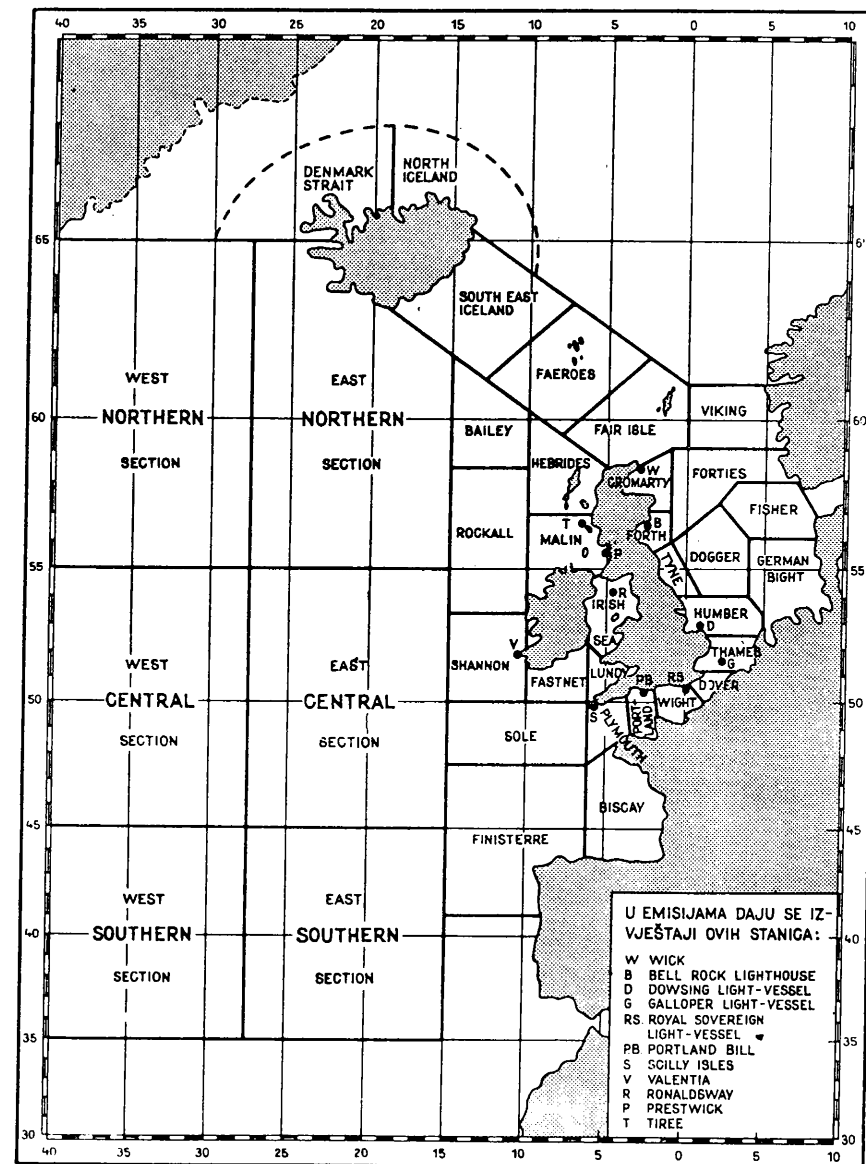
Pomorci mogu od obalne radio-stanice Split i neposredno tražiti vremensku situaciju za Jadran i Sredozemno more (od 06.00 do 19.30 sati SEV).

Brodovi u luci mogu tražiti obavještenja o vremenskoj situaciji i prognozu vremena od Pomorskog meteorološkog centra u Splitu i putem telefona.

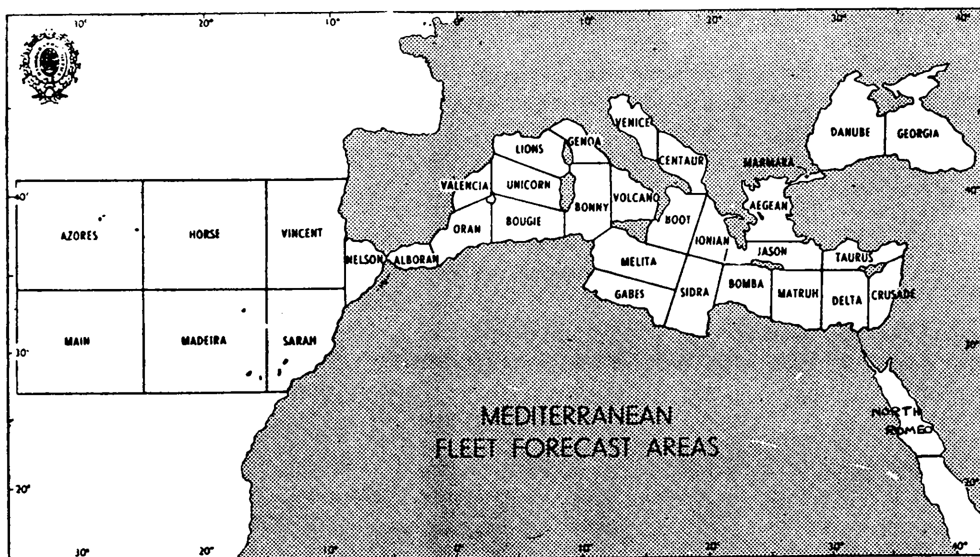
Radio-stanica Zagreb, na srednjem valu*, nakon redovitih emisija vijesti koje počinju u 06.15, 07.00, 08.00 i 17.15 po lokalnom vremenu, daje specijalan izvještaj meteorološke službe za pomorce. Nakon vijesti koje počinju u 13.00 sati, radio-stanica Zagreb daje informacije o vodostaju na našim rijekama.

* Nautičke tablice, izd. HI—JRM (tabl. 93. i 94) daju podatke odnosa frekvencije i valne dužine.



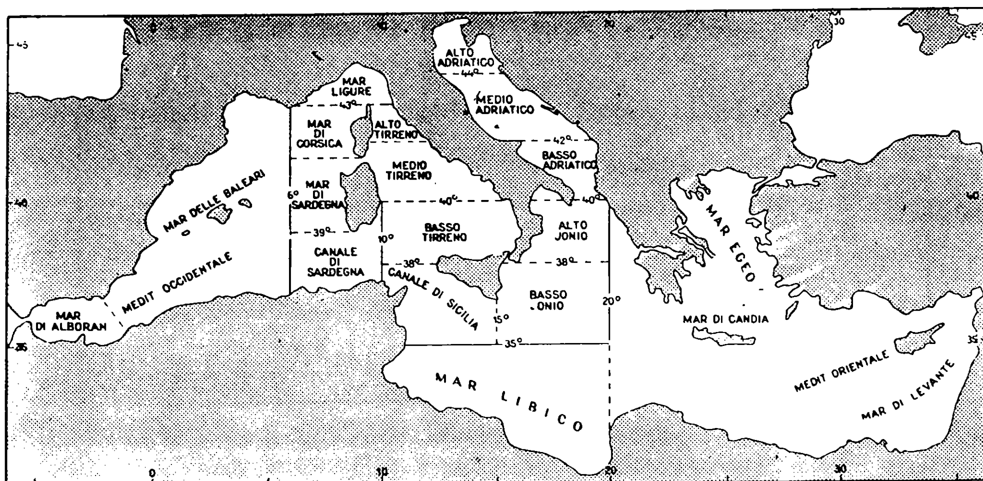



*Sl. 113.a Područja za koja BBC emitira meteorološka radio-obavještenja za pomorce*

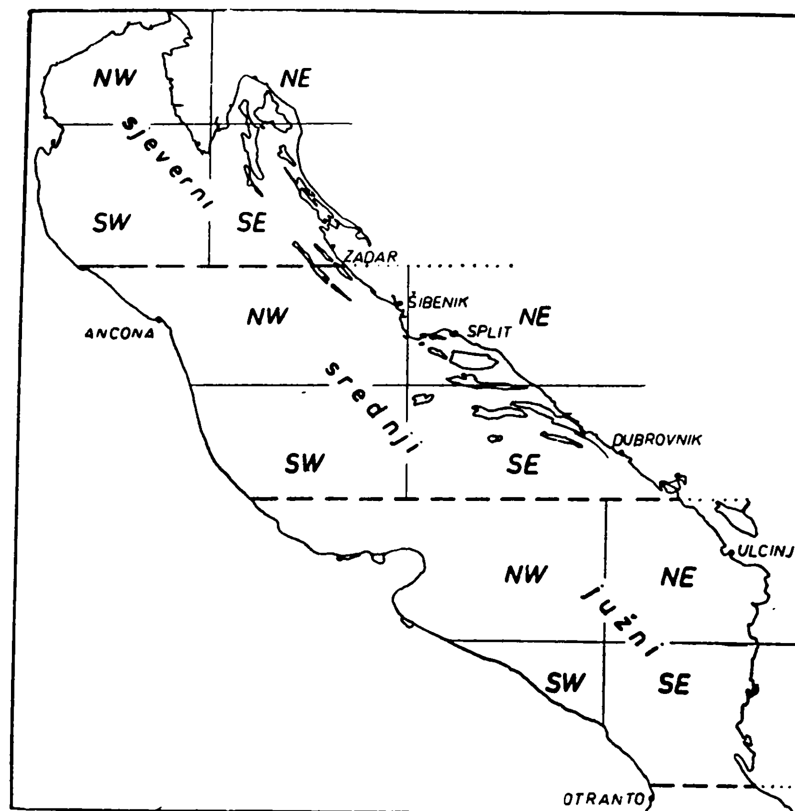



*Sl. 113.b Područja Sredozemnog mora za koja meteorološka služba Malte emitira obavještenja za pomorce*

*Sl. 113.c Područja Sredozemnog mora za koja talijanska meteorološka služba emitira obavještenja za pomorce*






*Sl. 113.d Podjela Jadrana prema kojoj jugoslavenska pomorska meteorološka služba daje obavještenja za pomorce*

Talijanska pomorska meteorološka služba i pomorska meteorološka služba Malte daju slična radio-obavještenja za Jadransko i Sredozemno more (Mediterranean fleet forecast areas).

**231. Optički signali upozorenja o nevremenu.** — Međunarodna pravila koja se odnose na meteorološka obavještavanja za brodove propisuju i optičke signale za upozorenje o oluji, gdje je to primjenljivo. Te signale prikazuje slijedeća tablica (na str. 262).

Pored optičkih signala, u SAD, Australiji i nekim zemljama u Evropi, na istaknutim mjestima smješteni su posebni tornjevi sa svjetlosnim signalima ili znakovima koji stalno pokazuju stanje i razvoj pojedinih meteoroloških elemenata i vremena uopće.

Dodatni signali mogu se upotrebljavati u skladu s lokalnim potrebama, ali se njihov izgled i pobliže oznake moraju razlikovati od međunarodnih signala.

MEĐUNARODNI OPTIČKI SIGNALI UPOZORENJA O OLUJI

| Signali danju | Opis oluje | Signali noću | Primjedba |
|---|---|---|---|
| ● | Jak vjetar (22—33 čv) iz bilo kog smjera. | (B) (Z) | Kugla se primjenjuje kod vjetrova jačine 6 ili 7 Bf. |
| ▲ | Vrlo jaki olujni vjetar (34 čv i više) iz NW kvadranta. | (C) (C) | Stošci odgovaraju vjetrovima jačine 8 ili više Bf (ili 7 ako lokalne prilike uvjetuju tako nisku granicu). |
| ▼ | Vrlo jaki ili olujni vjetar (34 čv i više) iz SW kvadranta. | (B) (B) | |
| ▲ ▲ | Vrlo jaki ili olujni vjetar (34 čv i više) iz NE kvadranta. | (C) (B) | |
| ▼ ▼ | Vrlo jaki ili olujni vjetar (34 čv i više) iz SE kvadranta. | (C) (B) | |
| ▬ | Očekuje se promjena vjetra udesno (smjer promjene u smjeru kazaljke na satu: N — E — S — W). | | Zastave mogu biti bilo koje prikladne boje. Mogu biti izvješene sa stošcima da pokažu kako se očekuje promjena vjetra preko desne ili lijeve strane od početnog smjera, ili se očekuje da će vjetar tek nastupiti. Početni smjer pokazan je stošcima. |
| ▬ ▬ | Očekuje se promjena vjetra ulijevo (smjer promjene protivan okretanju kazaljke na satu: N — W — S — E). | | |
| ✚ | Uragan (ili lokalni naziv) s vjetrom od 64 čv brzine i više, iz bilo kojega pravca; očekuje se da će centar ciklona proći iznad stanice ili u njezinoj blizini. | (Z) (C) (C) | |

NAPOMENA. Danju su signali signalna tijela, a noću svjetiljke: bijela (B), crvena (C) i zelena (Z). Od signalnih tijela upotrebljava se stožac, a i kugla (za upozorenje na vjetar). Upozorenje kazuje da se u roku od slijedećih šest sati može očekivati najavljena jačina vjetra (oluje). Istovremeno može danju biti izvješeno više signala.

**232. Emisija prognoze vremena i stanja mora za pomorce po MAFOR-ključu FM 61. D.** — Način obavještavanja brodova u otvorenom tekstu ima mnogo nedostataka za praksu, a time i za sigurnost broda. Zbog toga se pregledi vremena i prognoze vremena u priobalnom moru daju ne samo u otvorenom tekstu već i šifrirano po internacionalnom MAFOR-ključu. Za emitiranje i razumijevanje tih izvještaja svaka država dijeli svoje morsko područje na rajone. Svakom rajonu određene su granice i dati nazivi (brojke ključa) kao znak raspoznavanja. Valjanost tih izvještaja i prognoza obično ne prelazi 12 sati.



Riječ MAFOR* označava početak jednog ili više prognostičkih izvještaja obalnih radio-stanica namijenjenih pomorcima i sastavljenih po *internacionalnom ključu FM 61.D MAFOR:*

MAFOR $YYG_1G_1/OAAAa_m$ $1GDF_mW_1$ $(2VST_xT_n)$ $(3D_kP_wH_wH_w)$

Svakom simbolu (slovu, grupi slova) tog ključa odgovara brojčana šifra odgovarajućeg značenja tako da na kraju MAFOR-izvještaj čini seriju šifriranih grupa po pet brojki (0—9). Svaka pojedina brojka pokazuje prognozu dotičnog elementa, odnosno prognozu vremena. Za tu svrhu postoje i posebne tablice za rad po tom ključu. Brojke 0, 1, (2) i (3) na početku grupe označavaju dotičnu grupu. Grupe s početnom šifrom 2 i 3 mogu se izostaviti, a grupa $1GDF_mW_1$ je obavezna. Te se grupe mogu ponavljati nekoliko puta ako treba opisati promjene u prognozi za dato područje. Donja tablica daje značenja pojedinih simbola ključa FM 61.D MAFOR.

| Redni broj grupe | Sadržaj grupe | Simboli | Značenje simbola |
|---|---|---|---|
| I | $YYG_1G_1/$ | YY | Dan u mjesecu |
| | | $GG_1$ | Sat početka perioda za koji vrijedi prognoza (SGV) |
| | | | Napomena: Ova se grupa ne ponavlja pri davanju prognoze za više AAA u istoj emisiji. |
| II | $OAAAa_m$ | O | Indikator grupe područja |
| | | AAA | Rajon (dio područja) prognoze |
| | | $a_m$ | Indikator dijela morskog područja |
| III | $1GDF_mW_1$ | 1 | Indikator grupe vjetra i vremena |
| | | G | Razdoblje prognoze u satima |
| | | D | Smjer prizemnog vjetra |
| | | $F_m$ | Jačina prizemnog vjetra u Bf |
| | | $W_1$ | Prognozirano vrijeme |
| IV | $(2VST_xT_n)$ | (2) | Indikator grupe vidljivosti i temperature |
| | | V | Vidljivost na morskoj površini |
| | | S | Stanje mora |
| | | $T_x$ | Maksimalna temperatura zraka u °C |
| | | $T_n$ | Minimalna temperatura zraka u °C |
| V | $(3D_kP_wH_wH_w)$ | (3) | Indikator grupe valova |
| | | $D_k$ | Smjer valova mrtvog mora |
| | | $P_w$ | Period valova u sekundama |
| | | $H_wH_w$ | Visina valova u jedinicama od 0,5 m |

Napomena. Umjesto grupe $OAAAa_m$, može se staviti geografsko ime područja prognoze. Grupe u zagradama nisu obavezne.

* MAFOR = MArine FORecast

Specifična vrijednost bilo kojeg elementa datog u prognozi je približna. To je najvjerojatnija srednja vrijednost koju dotični element može poprimiti u vrijeme i u području za koje prognoza vrijedi.

Radi primjene MAFOR-ključa Jadransko more je podijeljeno u tri dijela:

P r v i d i o obuhvaća sjeverni Jadran, koji je s južne strane zatvoren spojnicom Ancona—Zadar. Prema simbolima MAFOR-ključa AAA, taj dio šifriran je brojčanom grupom 010.

U tom rajonu Jadranskog mora najviše se zadržavaju i osjećaju đenoveške depresije. Bura je izraziti tip vremena.

D r u g i d i o obuhvaća srednji Jadran. Taj rajon nalazi se između spojnica Ancona—Zadar i Monte Gargano—Dubrovnik. Prema simbolima MAFOR-ključa AAA, taj dio je šifriran brojčanom grupom 020. U meteorološkom pogledu taj rajon karakterizira smjena bure i umjerenog juga, a palagruško područje tog rajona izrazita ljetna cirkulacija zraka po zračnoj osi Jadrana.

T r e ć i d i o obuhvaća južni Jadran. Taj rajon nalazi se između spojnice Monte Gargano—Dubrovnik i najkraće crte koja zatvara Otranska vrata. Prema simbolima MAFOR-ključa AAA, taj dio je šifriran brojčanom grupom 030. U meteorološkom pogledu on je izložen utjecaju Sredozemnog mora (kroz Otranska vrata). U geografskom pogledu karakterističan je po tome što je bez otoka.

**233. Emisija prognoze vremena po ključu IAC FLEET.** — Ključ FM 46.D IAC FLEET, koji se u pomorstvu upotrebljava u skraćenom obliku za sinoptičku konzultaciju, upotrebljava se i za prognozu vremena i stanja mora. Odnosi li se šifrirani izvještaj na prognozu, uvodne grupe imaju ovaj sadržaj:

65556 33388 $OYYG_cG_c$ $OOOG_pG_p$

$OOOG_pG_p$ je grupa koja određuje termin prognoze: OOO — indikatorska grupa, a $G_pG_p$ — broj sati koji treba dodati vremenu motrenja $G_cG_c$ (vrijeme karte) da se dobije vrijeme na koje se odnosi prognoza. Ta grupa slijedi poslije grupe $OYYG_cG_c$.

Postupak u dešifriranju izvještaja za prognozu je potpuno isti kao i pri dešifriranju izvještaja za sinoptičku konzultaciju (t. 217 — 218). Izvještaj može sadržati i više detalja, ali nije obavezno.

a) Detalji o baričkim sistemima:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **99900** | $OOOG_pG_p$ | $9P_tP_cPP$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ...... | ...... |
| | i/ili | | | | |
| | $OOOG_pG_p$ | $7P_tP_cPP$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ...... | $md_sd_sf_sf_s$ |

b) Detalji o frontovima:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 99911 | **$OOOG_pG_p$** | $69\ F_tF_iF_c$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ...... | ...... |
| | **i/ili** | | | | |
| | $OOOG_pG_p$ | $67\ F_tF_iF_c$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ...... | $md_sd_sf_sf_s$ |

c) Detalji o valovima:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 88800 | $OOOG_pG_p$ | $79e_2uu$ | $(9d_wd_wP_wP_w)$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ...... |
| | i/ili | | $(9d_wd_wP_wP_w)$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | $(OOC_1OO)$ |
| | $OOOG_pG_p$ | $76e_2uu$ | $(9d_wd_wP_wP_w)$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | ...... |
| | | | $(9d_wd_wP_wP_w)$ | $QL_aL_aL_oL_o$ | $(OOC_1OO)$ |



## 8. PLOVNE RUTE — METEOROLOŠKA NAVIGACIJA

**234. Općenito.** — U suvremenom pomorskom transportu sve veću ulogu ima element »vrijeme«. To je i razumljivo, jer danas nije jedino važno »sigurno« dovesti brod iz jedne luke u drugu, već treba voditi brigu o brzini broda i o ukrcanom teretu, odnosno o putnicima i posadi, tj. o trajanju putovanja i o vremenskim uvjetima plovljenja. U prilog toga ide vrlo dobra organizacija meteoroloških motrenja i izvještavanja u svjetskim mjerilima i suvremena brodogradnja koja je omogućila gradnju raznih vrsta i tipova brodova, opremljenih najmodernijom navigacijskom opremom, s prosječnim brzinama vožnje iznad 15 čv. Na taj način omogućena je plovidba i u najtežim vremenskim uvjetima.

Optimalne plovne rute (lane rutes), određene navigacijskim priručnicima na osnovi statističkih klimatskih podataka pojedinih oceana (po nekima nazvana »»klimatska navigacija«), i danas su uz dugoročnu prognozu osnova planiranja putovanja. Međutim, praksa je pokazala da se sigurna navigacija ne može provoditi oslanjajući se isključivo na sezonske optimalne vremenske prilike dotičnog predjela (sezonske meteorološke rute), već je obavezno uzimati u obzir očekivano vrijeme za trajanja čitava putovanja kao i tekuće vrijeme na pojedinim etapama puta zavisno od razvoja sinoptičke situacije. Da bi se nastala razlika i vidno istakla, takav način plovljenja danas je dobio naziv »meteorološka navigacija«, iako kao termin, u odnosu prema pojmu i podjeli navigacije*, nema pravo značenje.

*Zadatak je meteorološke navigacije odrediti brodu rutu koja je među svim meteorološki sigurnim rutama najbrža (vremenski najkraća) i najsigurnija (navigacijski i s obzirom na teret).* Može biti bazirana na individualno izabranim rutama za svako putovanje ili na klimatskim podacima područja plovljenja. Prva metoda je pouzdana samo ako smo u mogućnosti unaprijed predvidjeti uvjete vjetra i mora (valova). Druga metoda koja se koristi približnim klimatskim uvjetima temelji se na vjerojatnosti da će ti uvjeti i postojati. Znači, jedan i drugi način plovljenja (na osnovi klimatskih podataka i sinoptičke situacije) u sebi krije određeni stupanj vjerojatnosti, koji na žalost nije dan u vremenskim biltenima, ali njega pomorac mora imati na umu. Zbog toga inicijativa zapovjednika broda, osnovana na stvarnoj vremenskoj situaciji i iskustvu, mora biti uvijek pravovremena.

Između navigacije po optimalnim klimatskim uvjetima (na određeno vrijeme sezone) i navigacije koja obrača pažnju na tekuće vrijeme (za period 12 — 24 sata) postoji srednjoročni period (5 — 6 dana) za koji je razvoj vremena neizvjestan, odnosno prognoze imaju manji stupanj vjerojatnosti. Uloga suvremene meteorološke službe upravo je u tome da poveća stupanj vjerojatnosti srednjoročne prognoze i na taj način meteorološka navigacija postane stalna praksa.

**235. Meteorološke rute.** — Iz navigacije nam je poznato da je najkraći put između dvije luke put po ortodromi. Međutim, meteorološke i oceanografske prilike često ograničavaju plovljenje po ortodromi, pa se u takvim slučajevima plovi po loksodromi ili kombinirano*. Znači, pri izboru rute mora se, pored nautičkih načela, uzeti u obzir i klimatske i oceanografske prilike područja plovljenja.

---

* Vidi »Navigacija I«, izdanje Školske knjige, Zagreb, 1967.

Do sredine XIX st. nije bilo nekih usvojenih meteoroloških ruta. Prvi koji je uvidio potrebu i proveo u praksu da se međunarodnom suradnjom sistematski prikupljaju i obrađuju klimatski podaci oceana (prvenstveno Atlantika) za potrebe navigacije bio je časnik RM SAD Mattheu Fontain Maury. Na osnovi podataka iz više tisuća brodskih dnevnika iscrtana je 1847. god. prva meteorološka karta Atlantika *Wind and Current Chart of the North Atlantic.* Na međunarodnoj konferenciji u Bruxellesu 1853. god. tu su zamisao prihvatile i druge pomorske države. Time su stvoreni prvi temelji za današnju tzv. klimatsku navigaciju. Međutim, praksa je pokazala da se takav način plovljenja može primjenjivati samo u onim plovnim predjelima gdje su vrijeme i klima gotovo isti u odgovarajuća godišnja doba, kao što su npr. predjeli pasata i neki predjeli monsunskih vjetrova. Za ostale predjele potrebne su karte s različitim tipovima baričkih sistema (vremenskih šablona) i s podacima o njihovim karakteristikama i učestalosti, kao i s podacima o srednjem trajanju svakog tipa vremena pojedinačno. Takav priručni atlas s mjesečnim kartama i klimatskim podacima izdao je nedavno Njemački hidrografski institut, pod nazivom *Monatskartcn für den Nordatlantischen Ozean.*

Prema priručniku *Ocean Passages for the World,* u pogledu snage stroja razlikujemo t r i v r s t e *parobroda*: s jakim strojem (full powerd)* s najnižom prosječnom brzinom od 15 čv; *sa srednjom snagom stroja (moderate powered)* s prosječnom brzinom 10—15 čv i *sa slabim strojem (low powered)* koji mogu voziti brzinom do 10 čv. Ti su elementi važni pri izboru rute. Parobrodi s *jakim strojem* voze uglavnom najkraćom rutom, s tim da se ima na umu opasnost od leda i jakih vjetrova, a naročito su prikladni za meteorološku navigaciju.

***Parobrodi sa srednjom i slabom snagom*** **stroja u svakom slučaju moraju rutu prilagoditi meteorološkim uvjetima.** Parobrodi sa slabijim strojem drže se bliže ruta koje se preporučuju za jedrenjake.

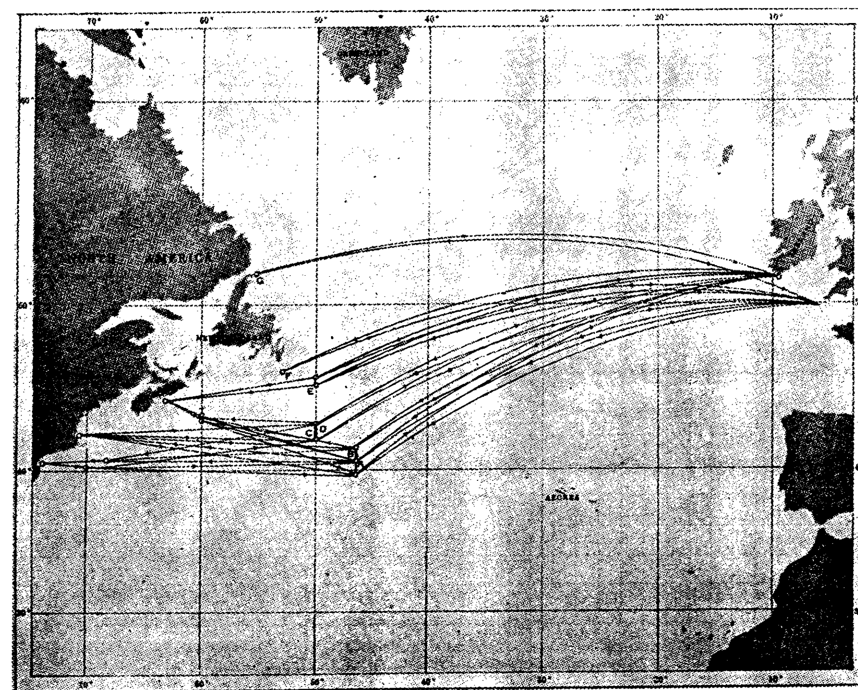
Prilikom izbora rute, pored navedenog, porobrodi treba da uzmu u obzir i količinu ukrcanog tereta (jer od toga zavisi gaz broda) i vrstu tereta (mogućnost kvarenja, načina smještaja, posebne mjere predostrožnosti, udobnost putnika i sl.).

Utjecaj meteoroloških i hidroloških faktora naročito se osjeća u zapadnom dijelu sjevernog Atlantika, u okolini njufundlandskog spruda. Radi sigurnosti navigacije *u sjevernom dijelu Atlantika ustanovljene su posebne optimalne* r u t e *(lane routes odnosno ship lanes).* Označene su slovima od A do G na peljarskim kartama (Pilot chart) sjevernog Atlantika. Prikazuje ih slika 114. Rute A, B i C spajaju SAD i Evropu, a rute D, E, F i G Kanadu i Evropu. Ruta B normalno se upotrebljava od 11. IV do 30. VI, a ruta C u ostalom dijelu godine. Međutim, kada se pojave brojniji ledeni bregovi južno od Grand Banka, preporučuje se ruta A. Inače ta ruta nije ograničena ni na bilo koji vremenski rok. Normalno, ostale rute koriste se ovako: ruta D između 15. II i 10. IV; ruta E od 11. IV do 15. V i od 1. XII do 14. II; ruta F od 16. V dok ruta G ne bude čista (oko 1. VII) ili neprekidno do 30. XI ako je ruta G neupotrebljiva; ruta G od otvorenja prolaza Belle Isle Strait (oko 1. VII) do 14. XII.

Rute od A do E su dvostruke. Južniji njihov dio koristi se za putovanje prema istoku, a sjeverniji za putovanje prema zapadu. Ruta F gotovo je jednostruka (osim kod Rta Race). Ruta G sve do otočića Belle Isle u cijelosti je jednostruka.

* Gdje god je riječ o parobrodu, misli se i na motorne brodove.





*Sl. 114. Glavne rute za parobrode u sjevernom Atlantiku*

Da bi se izbjegli sudari na moru, te rute imaju i svoju širinu, i to 10 M južno odnosno 10 M sjeverno od označene crte, prema tome da li se plovi prema istoku ili zapadu.

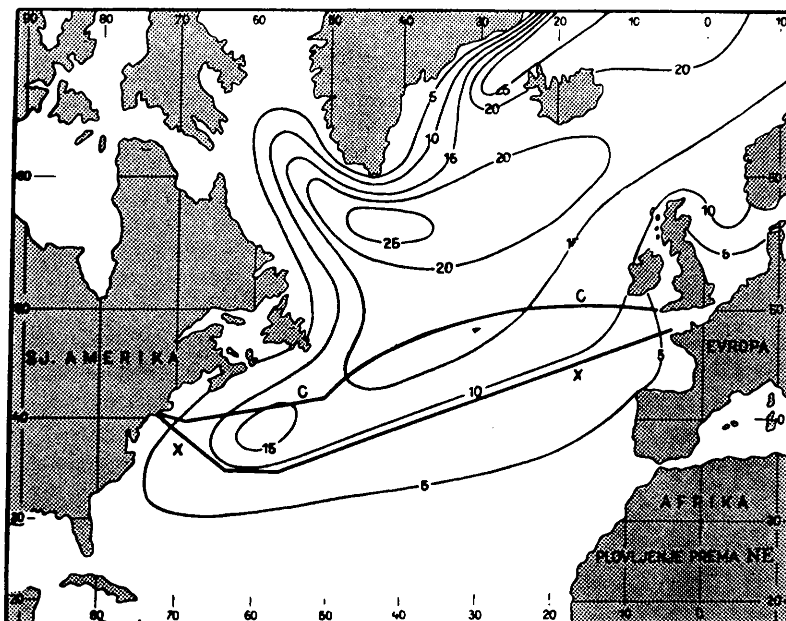
Detaljne podatke o meteorološkim i oceanografskim prilikama pojedinih oceana i opis svih ruta daje priručnik *Ocean Passages for the World, Pilot charts* i drugi slični priručnici.*

Kada je individualno odabiranje rute onemogućeno, znatnu korist možemo imati izborom rute na osnovi prosječnih ili klimatskih uvjeta stanja mora, osobito s obzirom na oceanske valove. Praksa je pokazala da redukcija brzine broda pri vožnji po razvijenom moru mora biti češća i trajnija kada se plovi po standardnim ortodromskim rutama nego kada se plovi po rutama baziranim na klimatskim podacima.**

Putovanje preko oceana može se izvesti efikasnije i ugodnije, s obzirom na valove nastale klimatskom situacijom, ako se upotrebljavaju mjesečne karte

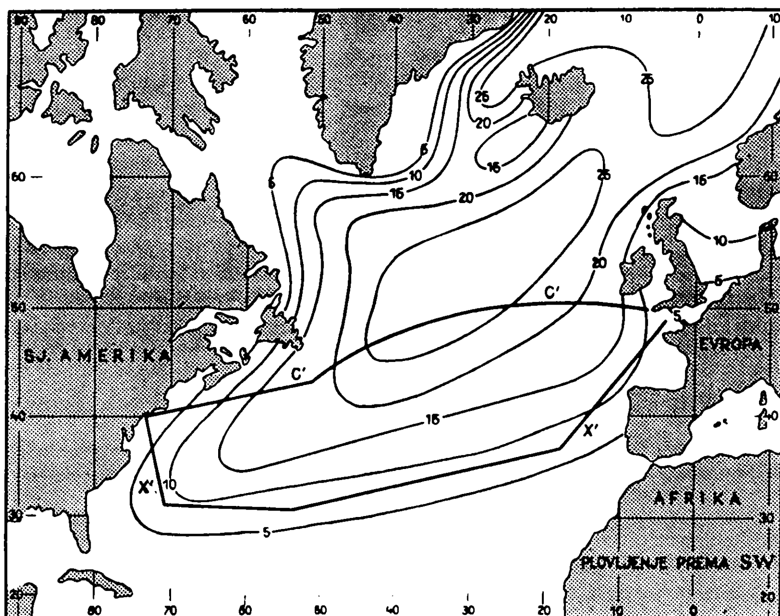
* Nautičke tablice, izd. HI — JRM (tabl. 106. i 107), sadrže Daljinar Sredozemnog mora i svih glavnih svjetskih luka.

** Studije mnogih brodskih dnevnika i klimatskih podataka pokazale su da u Atlantiku ortodromske rute prema E pokazuju vremenski najbrži put samo 13%, a za ortodrome prema W 2%.




*Sl. 115. Prosječni postoci vremena vožnje kursovima NE kvadranta s reduciranom brzinom za sjeverni Atlantik u siječnju*

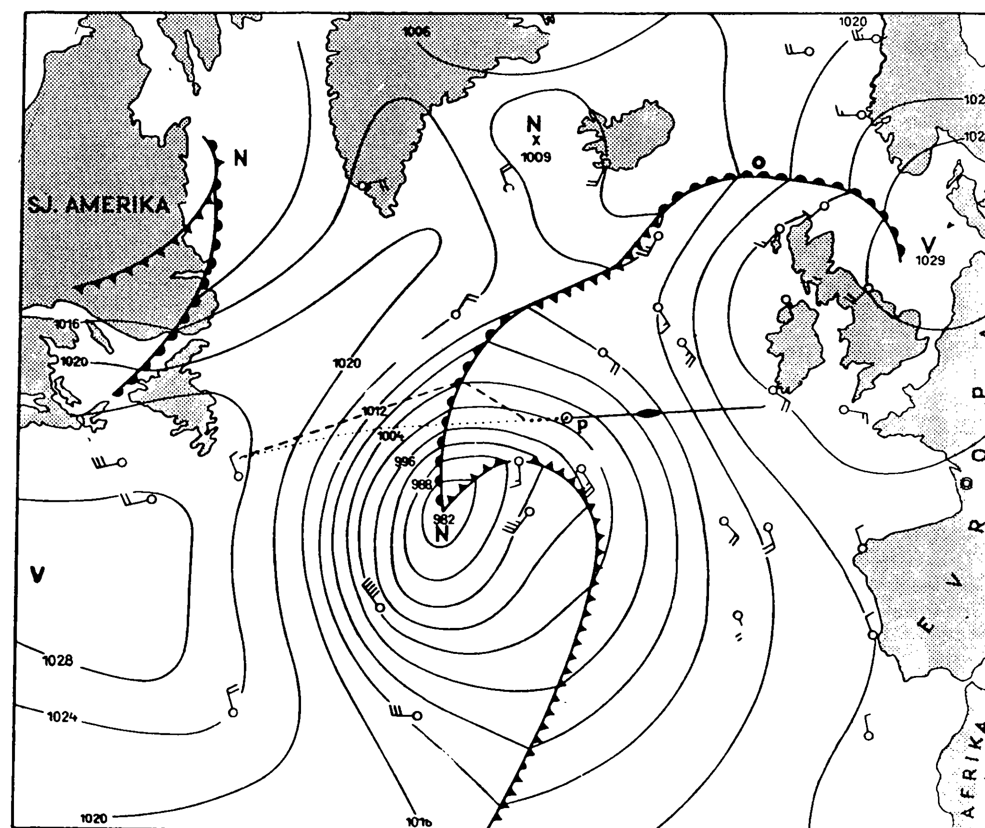
*Sl. 116. Prosječni postoci vremena vožnje u kursovima SW kvadranta s reduciranom brzinom za sjeverni Atlantik u siječnju*




koje daju postotak vremena za koje se očekuje neophodna redukcija brzine broda pri vožnji u pojedinim kursovima. Primjer takvih karata za Atlantski ocean prikazuje sl. 115. i 116.* Crte C i C′ prikazuju tradicionalne rute određene u odnosu prema južnoj granici ledenih bregova. Crte X i X′ pokazuju klimatske rute koje su povoljnije s obzirom na uštedu vremena i goriva i daju veću sigurnost teretu i veću udobnost putnicima i posadi.

*Slika 117. prikazuje sinoptičku kartu sjevernog Atlantika (06.00 4. 10. 1949).* Brod plovi po ortodromi iz Liverpula za Newfoundland. Dolaskom na meridijan $\lambda = 30^0$W, primljena je i ucrtana sinoptička konzultacija za brodove. Iz situacije na karti vidi se da jedan duboki ciklon kreće u smjeru NE. Zadržavanjem sadašnjeg kursa, središte ciklona bi tačno prešlo preko broda i brod bi naišao na olujne vjetrove iz NW. Zbog toga je odlučeno da se mijenja kurs prema NW do

*Sl. 117. Primjer vođenja meteorološke navigacije individualnim izborom (promjenom) rute*




* Slične karte za svaki mjesec mogu se naći u Wawe Climatology as an Aid to Ship Routing in the N. Atlantic Ocean (U. S. Naval Oceanographic Office Report TR-148).

oko 150 M sjeverno od planirane rute. Od te tačke brod nastavlja putovanje po ortodromi do Rta Racea. Na tom dijelu putovanja brod će zahvatiti povoljni vjetrovi sa sjeverne strane ciklona, i to iz pravca E i NE.

Takav način plovljenja radi izbjegavanja nevremena osobito je koristan pri plovljenju kroz područja gdje su moguće pojave tropskih ciklona. To nam osiguravaju iscrpni podaci o kretanju ciklona, ograničenost staza tropskih ciklona, povoljan omjer između brzine broda i brzine kretanja ciklona (u nižim širinama maksimalna brzina kretanja ciklona je 10—12 čv).

Nakon završenog putovanja, dužnost je zapovjednika broda i svih brodskih časnika da analiziraju stvarne uvjete plovljenja u odnosu prema prognoziranim kako bi stekli iskustva za daljnja putovanja i pridonijeli unapređenju metereološke navigacije.

**236. Meteorološko odabiranje plovnih ruta.** — Brzina broda ovisi o raznim faktorima, kao što su npr. valovi, vjetar, morske struje, magle, led i sl. Treba uvijek nastojati da brod plovi najkraćom rutom i takvim kursovima koji će mu u postojećim okolnostima omogućiti najveću brzinu vožnje, a time i najkraće vrijeme plovljenja. Zbog toga pri pripremi oceanskog putovanja nužno je proučiti područje plovljenja s meteorološkog, oceanografskog i navigacijskog stajališta. Na osnovi takva proučavanja izabire se ruta, a zatim se određuju kursovi, brzine plovljenja odnosno trajanje putovanja. U toku plovljenja važno je pratiti razvoj vremena i po potrebi ispraviti odnosno promijeniti rutu (weather ruoteing).

*Rad prognostičkih centara pomorske meteorološke službe danas je usmjeren u dva pravca:*

a) pronaći najsvrsishodniju metodu odabiranja plovnih ruta preko oceana, s obzirom na očekivane vremenske prilike, i najsvrsishodniju metodu upravljanja (usmjeravanja) brodova s kopna da plove po najpovoljnijoj ruti,

b) pronaći metode koje će omogućiti zapovjedniku broda da može osobno odabrati najpovoljniju rutu, a u nepovoljnim vremenskim uvjetima i promijeniti je, odnosno izvršiti najpogodniji manevar brodom da bi se izbjeglo najlošije od lošeg vremena.

Sav taj rad ovisi o što tačnijoj srednjoročnoj prognozi vremena i valova (do 5—6 dana) i o dugoročnoj prognozi vremena (do 30 dana). Pri plovljenju na osnovi meteoroloških savjeta (usmjeravanja s kopna), zapovjednik broda ne oslobađa se odgovornosti i zbog toga sam odlučuje da li će prihvatiti dani savjet.

Dugoročna *prognoza vremena i klimatska vjerojatnost* redovno se iskoriste u konačnom izboru (prognoziranju) vremenski najpovoljnije rute. Za potrebe meteorološke navigacije, koja vodi brigu o tekućem vremenu, usvojena je za bazu petodnevna prognoza, jer se to vrijeme uglavnom podudara s razvojem tipova vremena (baričkih sistema) na području oceana. Ta prognoza za sada daje samo prva tri dana dovoljno pojedinosti za odabiranje plovne rute. Ona postaje sve nepouzdanija što je razdoblje za koje je data dulje. Zbog toga je za konačan izbor, odnosno korigiranje rute u toku plovljenja, važna i kratkoročna prognoza (za 24 i 48 sati), odnosno vremenska karta kratkoročne prognoze (prognostička karta) s ucrtanim izobarama i frontovima, tj. s ucrtanim baričkim sistemima. Praktično je da u skladu s tim i putovanje bude planirano u etapama prognoze,

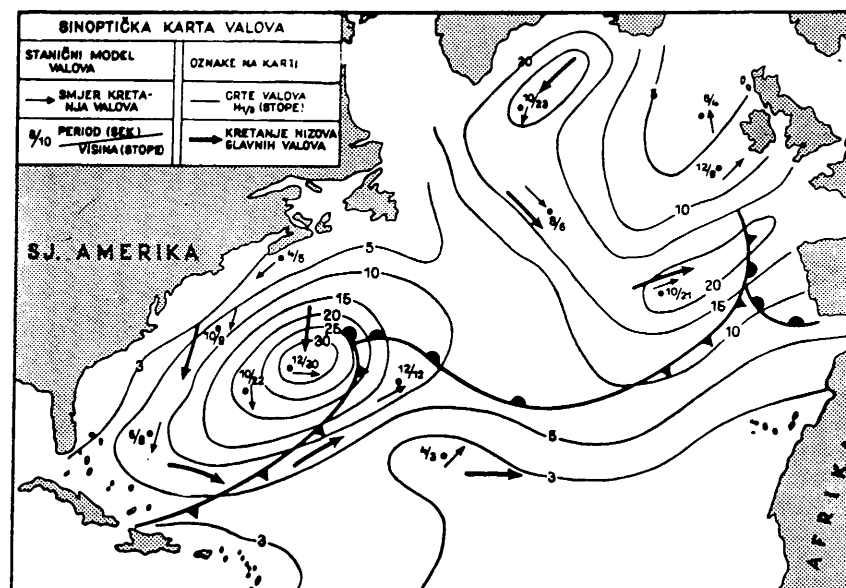


jer takav način planiranja (odabiranja) rute omogućuje njeno korigiranje na temelju podataka prognostičkog centra, odnosno na osnovi vlastitih motrenja i sinoptičke situacije (vremenske karte).

Sprečavanje štete zbog nevremena, kao i sigurnost tereta i posade (putnika) jednako su važne kao i ušteda puta. U tom smislu slijedeći je korak u proučavanju ruta da se stekne *uvid i u raspodjelu valova* na predstojećem (ortodromskom) putu, i to za što duže vrijeme unaprijed. Važnost poznavanja valova temelji se na činjenici da oni znatno utječu na brzinu i pomoračka svojstva broda, a posebno na putnike (posadu) i stabilitet broda, jer mogu prouzročiti pomicanje tereta. Dio brzine broda gubi se zbog direktnog fizičkog djelovanja valova, ali još veći dio gubitka brzine nastaje manevrom zavlačenja broda (promjenom kursa i reduciranjem brzine u olujnom moru).*

***Prognoza stanja mora (valova), kao i prognoza vremena, daje se obično za pet dana unaprijed. Visina valova na oceanu najpraktičnije se predočuje putem sinoptičkih i prognostičkih karata valova.***

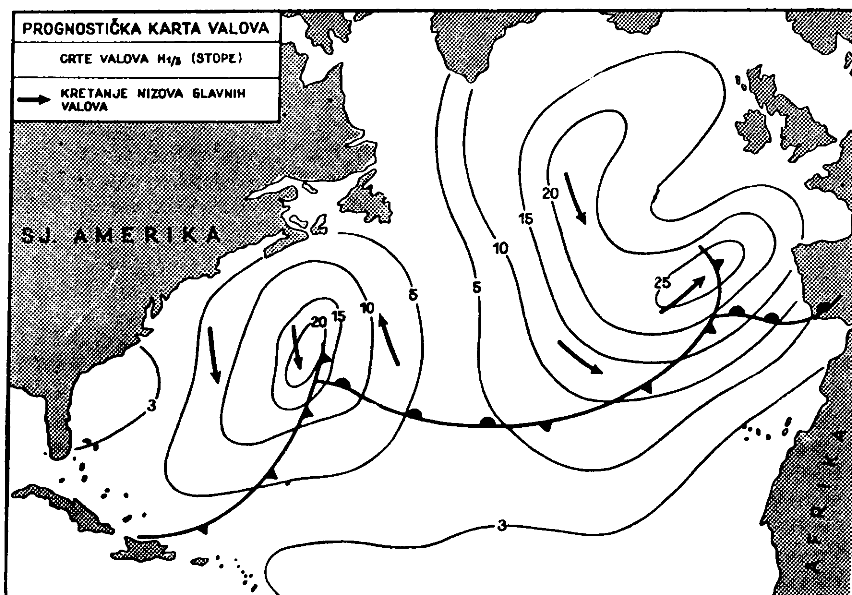
Na temelju praktičnih iskustava U. S. Oceanographic Office razvio je *sistem* pojedinačnog *odabiranja* meteoroloških ruta (individual track) u oceanskoj navigaciji.




*Sl. 118. Sinoptička karta valova sjevernog Atlantika*

Pune crte spajaju tačke s istim visinama valova H 1/3 (u stopama). Duža strelica pokazuje smjer najbrojnijih valova. Kraća strelica pokazuje smjer valova, brojnik razlomka pokazuje period vala, a nazivnik visinu vala u stopama, za poziciju označenu tačkom na karti.

* Vidi pomorstvo IV, Buljan, Zagreb 1971.




*Sl. 119. Prognostička karta valova sjevernog Atlantika*

Za procjenu očekivanih uvjeta plovljenja, tj. vjerojatnog vjetra i valova, potrebna je *serija petodnevnih prognostičkih vremenskih karata* odgovarajućeg dijela oceana. Takve karte emitira nekoliko puta tjedno prognostička služba *U. S. Weather Bureau* (Extended Forecast Section of the U. S. W. B.). Slijedeći važan dokument je *sinoptička karta valova* (stanja mora). Iscrtava se na osnovi podataka o visinama, periodima i smjerovima kretanja valova koje daju vremenski radio-bilteni za pomorce. Slika 118. prikazuje primjer sinoptičke karte valova sjevernog Atlantika na kojoj su ucrtani i frontovi.

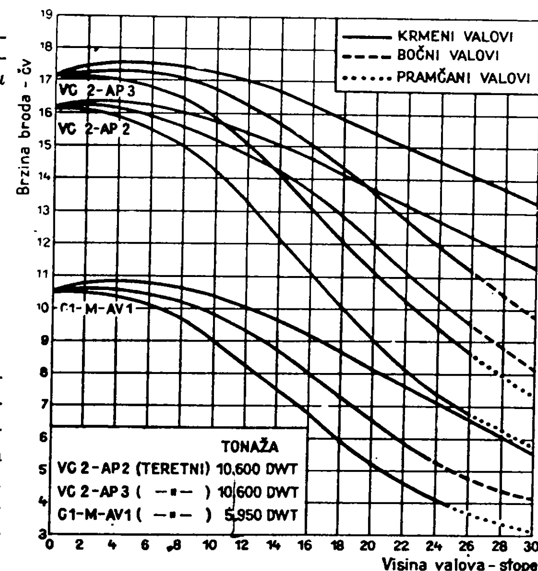
*Posebno je korisna prognostička karta valova.* Prikazuje očekivane valne karakteristike na temelju procjene vjetra analizom karata izobara (sinoptičkih karata) odnosnog oceanskog područja. Prognostičku kartu valova, koja odgovara vremenu sinoptičke karte valova na sl. 118, prikazuje sl. 119.

Zaključci koji proizlaze iz analize navedenih karata moraju uzeti u obzir i vrstu i veličinu broda, koji su osobito važni elementi pri plovljenju razvijenim morem. Iako vjetar neposredno utječe na brzinu broda, efekt valova mnogo je ozbiljniji i direktniji. Za tu svrhu neophodno je imati dijagrame odlika broda, kao što ih npr. prikazuje sl. 120.* Na osnovi tih dijagrama može se za pojedine standardne vrste brodova odrediti reducirana brzina broda kada on vozi valovima u pramac, bok ili krmu.

Svrha je svih tih navedenih pomagala i postupaka odrediti najoptimalniju (least time track) rutu koja vremenski daje najkraće putovanje od luke polaska

* Izrađeni od R. W. James, U. S. Oceanographic Office Special Publication I.



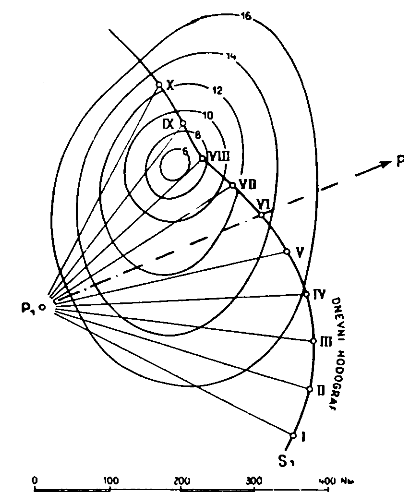



*Sl. 120. Dijagrami odlika standardnih trgovačkih brodova koji pokazuju gubitak brzine s obzirom na smjer i visinu valova.*

($P_1$) do luke dolaska ($P_2$). Teoretski princip sličan je onome na kojemu se temelji računanje puta neke zrake koja se kreće kroz neku sredinu različite gustoće. U tom slučaju zraka slijedi pravac najmanjeg otpora, a to je ujedno i najkraći put.

*Praktičan* p o s t u p a k *iznalaženja najkraćeg puta u meteorološkom pogledu (weather routeing) pokazuju sl. 121—123.* Zadatak se rješava proračunom* i grafičkim konstrukcijama na karti koja obuhvaća cijelo plovno područje ($P_1$—$P_2$). Pri tome se pretpostavlja da se u toku vremena koje obuhvaća prognoza vanjski uvjeti neće izmijeniti.

Najprije se blizu tačke $P_1$ na karti nanesu podaci prognoze valova za prvi dan plovljenja. Ti se podaci prikazuju u obliku izopleta (crta jednake valne visine) na kojima je strelicama pokazan smjer valova. Iz tačke $P_1$, u sektoru $\pm$ 45° od ortodrome ($P_1P_2$), ucrta se niz divergentnih pravaca koji svaki za sebe označava mogući put (loksodromu) broda za prvi dan plovljenja. Na svakom pojedinom pravcu nanese se udaljenost koju bi brod prevalio u toku dana.



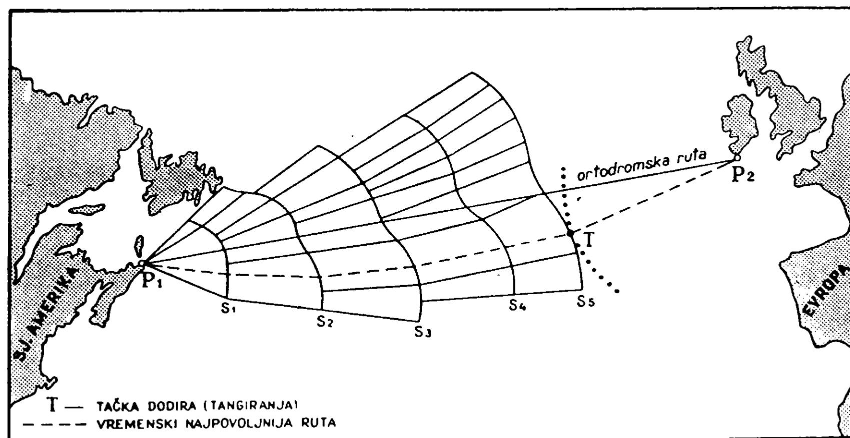

*Sl. 121. Postupnost u određivanju vremenski najpovoljnije rute za prvi dan plovljenja — dnevni hodograf*

* Upotrebom elektronskih računara, na osnovi prognoze vremena i prognoze valova za određeni period (3—5 dana).

Za proračun udaljenosti iskoriste se karta izopleta i dijagram odlika broda. Na taj način dobivene tačke spoje se neprekidnom krivuljom, koja se zove dnevni hodograf. Brod s bilo kojim kursom, vozeći u granicama ucrtanog sektora, naći će se nakon jednog dana na krivulji dnevnog hodografa ($S_1$) (sl. 121).

Istim postupkom razmatraju se mogući putovi vožnje u toku slijedećih dana. Za tu svrhu na karti se nacrtaju podaci prognoze valova za ostale dane plovidbe. Na krivulji dnevnog hodografa izabere se niz tačaka, od njih ucrtaju pravci prema $P_2$ u granicama sektora $\pm$ 45° i na svaki od tih pravaca nanese udaljenost koju brod treba prevaliti za slijedeći dan ako plovi tim putem. Kao rezultat dobivamo dvodnevni hodograf ($S_2$). Ponavljanjem objašnjenog postupka za treći, četvrti, peti i druge dane za koje postoji prognoza valova, dobivaju se i odgovarajući hodografi. Ako petodnevni hodograf (s obzirom na petodnevnu prognozu) ne zahvati luku dolaska ($P_2$), tada se put broda za slijedeći period plovljenja određuje najkraćom ortodromom. Najbliža tačka petodnevnog hodografa luci dolaska ($P_2$) je tačka T. Spojnica $\overline{TP_2}$ je najkraća ortodroma. Istovremeno se otkriva i najoptimalniji (vremenski najkraći) put koji iz luke odlaska ($P_1$) vodi najbliže luci dolaska ($P_2$) u tom periodu prognoze (na sl. 122. prikazan isprekidanom crtom). Zavisno od dnevne prognoze i pomoračkog iskustva, od vremena do vremena u toku plovljenja vrše se po potrebi i korekture određene rute. Ako u području plovljenja postoje otoci, navigacijske i druge opasnosti, struje i sl., tada pri odabiranju rute treba i njih imati na umu. Ako prognoza sadrži podatke o vjetru i vidljivosti, tada se pri određivanju optimalne rute i oni moraju uzeti u obzir.

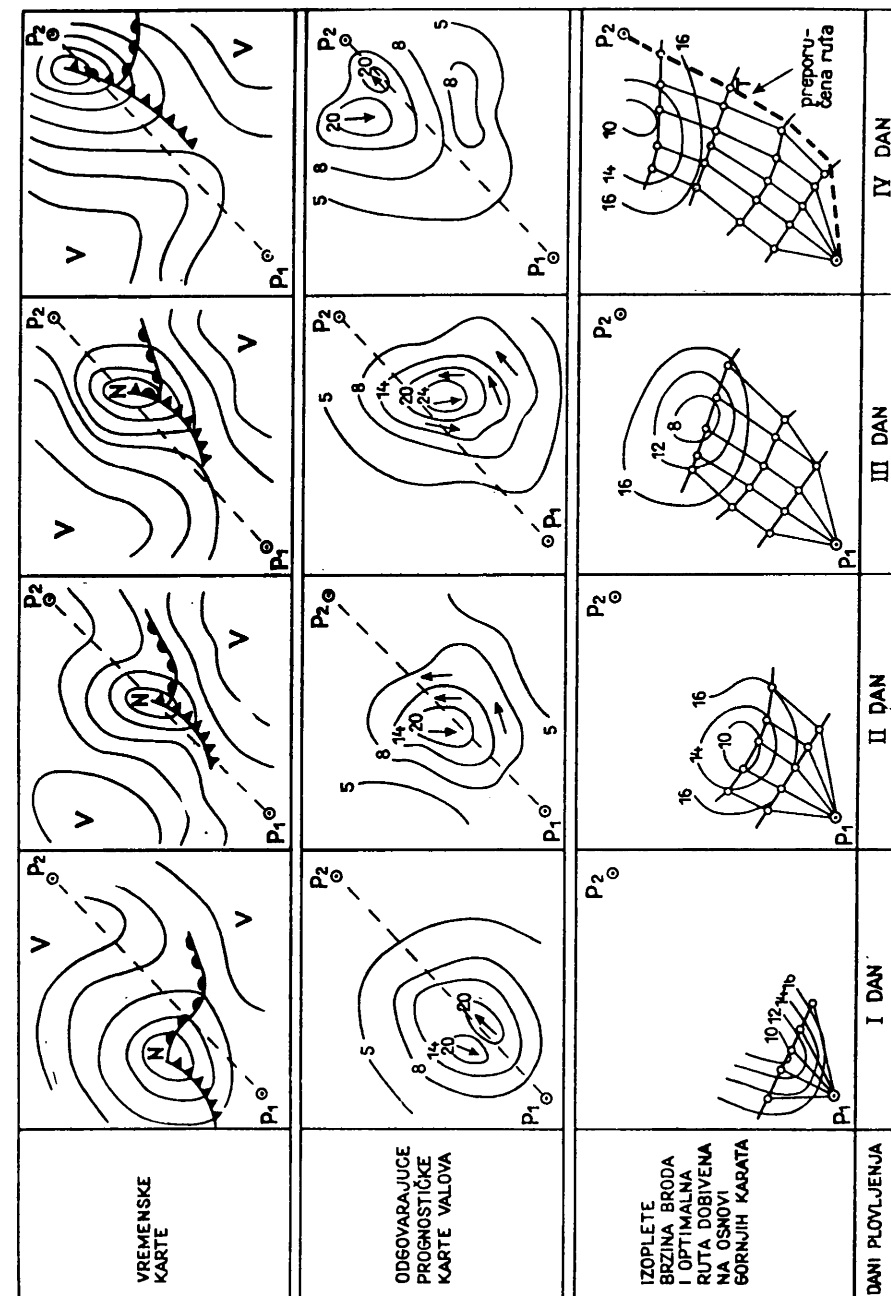
Tačnost ove metode određivanja optimalne rute povećava se sa skraćivanjem vremena vožnje u istom kursu (npr. 12 ili 6 sati umjesto 24 sata), sa smanjivanjem kutova među susjednim divergentnim pravcima i s povećanjem broja polaznih tačaka na hodografu prethodnog dana.




*Sl. 122. Shematski prikaz izbora vremenski najpovoljnije rute*

$P_1$ — pozicija odlaska, $P_2$ — pozicija dolaska, T — tačka najbliža poziciji dolaska na petodnevnom hodografu, $S_1$,$S_2$,$S_3$,$S_4$,$S_5$ — dnevni hodografi, ---- vremenski najpovoljnija ruta






*Sl. 123. Postupnost u određivanju vremenski najpovoljnije rute za prognozirani period (5 dana)*

Opća prognoza vremena i stanja mora koju daju meteorološki bilteni (t. 229) ne mora uvijek odgovarati za sve brodove koji se nalaze u prognoziranom području. Zbog toga vremenska karta koja se redovito crta (najmanje dvaput dnevno) na osnovi IV dijela biltena, po potrebi nadopunjena podacima SYNOP i SHIP meteo-izvještaja i drugih meteoroloških informacija, ima posebnu važnost za samostalno vođenje meteorološke navigacije. Faksimil ili televizijski prijemnik olakšavaju vođenje meteorološke navigacije, jer ta sredstva bez crtanja vremenske karte daju najsvježiju prognostičku kartu vremena i valova.

Karta crtana na brodu prikazuje vremensku situaciju prije šest sati. Zbog toga je potrebno poznavati osnovna vremenska pravila (t. 224), prvenstveno ona koja se odnose na razvoj i staze kretanja pojedinih baričkih sistema i tipova vremena (t. 188—212), i imati na umu promjene koje mogu nastati u toku njihova razvoja. Za tu svrhu korisno je na tekućoj vremenskoj karti ucrtati staze kretanja prethodnih baričkih sistema i prognoziranih. To olakšava uvid u razvoj vremena duž izabrane rute.

Često neka vremenska situacija neće pripadati određenom tipu vremena. Uporeďenje te situacije na vremenskoj karti s odgovarajućom iz priručnika ili s nizom uzastopnih vremenskih karata bit će veoma korisno pri donošenju odluke. Zbog toga vremenske karte s tipičnim vremenskim sistemima (sinoptičkim šablonama) treba uvijek čuvati i po potrebi njima se koristiti.

Zasada preporuke o najpovoljnijim rutama ograničene su na sjeverni Atlantik, i to za putovanja iz Evrope za Sjevernu Ameriku, i obratno, jer se za to područje izrađuju i emitiraju odnosne sinoptičke i prognostičke karte. Takve preporuke daju meteorološke službe SAD, Velike Britanije, SSSR-a, Nizozemske i SR Njemačke. Brod koji želi voditi meteorološku navigaciju dužan je prije otplovljenja o tome obavijestiti odnosni meteorološki centar. Ta obavijest treba da sadrži luku otplovljenja i uplovljenja, vrijeme otplovljenja, podatke o brodu i teretu. Nakon isplovljenja brodu se putem radija daje preporučena ruta. To se ponavlja svakih 48 sati ili prema potrebi.

Iz svega prije iznijetog može se zaključiti da je pri vođenju meteorološke navigacije osnovno na vrijeme odrediti poziciju broda u odnosu prema središtu i stazi kretanja odnosnog baričkog sistema (ciklona) i na temelju toga odrediti najsigurniju rutu (van središta ciklona, dalje od izlomljenih i gustih izobara, izbjeći nepovoljne valove i sl.).



**PITANJA**

1. Što je to zračna masa i po čemu se jedna zračna masa razlikuje od druge?
2. Kako se dijele zračne mase i zbog čega je ta podjela važna?
3. Kada kažemo da je jedna zračna masa topla odnosno hladna i koje su osnovne karakteristike tih zračnih masa?
4. Gdje se formira, kakva ima fizička svojstva, kako se kreće i kako utječe na vrijeme kod nas:
   a) arktička zračna masa — posebno morski arktički i kontinentalni arktički zrak,
   b) polarna zračna masa — posebno morski polarni zrak i kontinentalni polarni zrak,
   c) tropska zračna masa — posebno morski tropski zrak i kontinentalni tropski zrak?
5. Što je to hemisferski front? Objasnite zašto i gdje nastaju hemisferski frontovi i kakvo je njihovo značenje za vrijeme?
6. Kako se dijele frontovi u termičkom pogledu i kako nastaju?
7. Koji su znakovi približavanja i kakvo vrijeme (oborine) donosi: a) topli front, b) hladni front (I i II vrste), c) front okluzije (topla i hladna okluzija), d) stacionirani front?
8. Kako orografija utječe na kretanje zračnih masa i razvoj frontova?
9. Koja zračna strujanja nazivamo konvergentnim, a koja divergentnim i u kakvim se baričkim sistemima javljaju?
10. Što je to ciklon (depresija), kakve vrste ciklona postoje i zašto?
11. Objasnite faze razvoja vantropskog ciklona (na polarnom frontu), kao i specifičnosti u stanju i razvoju vremena za pojedinu fazu.
12. Zašto se cikloni kreću, od čega zavisi brzina njihova kretanja i kojim se stazama kreću vantropski cikloni?
13. Zašto i kako se regeneriraju cikloni i koji su najvažniji slučajevi regeneracije?
14. Objasnite stvaranje serije (familije) ciklona i sekundarnih ciklona.
15. Objasnite važnije karakteristike vantropskih ciklona N hemisfere: porijeklo, opći raspored atmosferskog tlaka — izobare, prostranost, dubina ciklona, učestalost stvaranja ciklona, staze i srednje brzine kretanja ciklona.
16. Što je to anticiklon i koje su njegove opće karakteristike? Usporedite ciklon i anticiklon po svim bitnim elementima.
17. Objasnite faze razvoja anticiklona i karakter vremena u pojedinim fazama.
18. Objasnite važnije karakteristike anticiklona N hemisfere: porijeklo, opći raspored atmosferskog tlaka — izobare, prostranost, dubinu anticiklona, učestalost stvaranja, staze i srednje brzine kretanja.
19. Gdje i zašto treba očekivati u toku čitave godine stalna mjesta (područja) niskog (minimum) odnosno visokog (maksimum) atmosferskog tlaka?
20. Što je to tropski ciklon (uragan) i koje su osnovne strukturalne razlike između vantropskog i tropskog ciklona?
21. Objasnite gdje, zašto i kako nastaju tropski cikloni.
22. Objasnite faze razvoja tropskog ciklona.
23. Opišite barički reljef i sve specifičnosti jednog tropskog ciklona (uragana) Atlantskog oceana.
24. Navedite i pokažite na geografskoj karti sva područja, a posebno najopasnija područja javljanja tropskih ciklona, kao i generalne staze i brzine njihova kretanja. Koji se sve nazivi i gdje upotrebljavaju za tropske ciklone?
25. Kako je organizirana služba otkrivanja i praćenja kretanja tropskih ciklona?
26. Koje se karakteristične pojave javljaju u izgledu neba i stanju mora kada se brod približava polju tropskog ciklona?
27. Na koji se način otkriva položaj središnje zone tropskog ciklona i zašto je važno poznavanje njena položaja u odnosu prema brodu?
28. Od čega zavisi kakav manevar brodom treba izvršiti da se izbjegne opasan sektor odnosno središnja zona tropskog ciklona?
29. Kojih se iskustvenih pravila treba pridržavati pri izvođenju manevra izbjegavanja središta tropskog ciklona ako je brod: a) na sjevernoj hemisferi, b) na južnoj hemisferi?

30. Koji priručnici daju podatke o tropskim ciklonima i kako se ti priručnici iskorištavaju?
31. Objasnite što je to morska pijavica (tromba), gdje se javlja, kakvih vrsta ima, kako nastaje i njen utjecaj na brod.
32. Objasnite što je to tornado, gdje se javlja, kakve su njegove karakteristike i specifičnosti u odnosu prema pijavici?
33. Što je to nepogoda (nevera) i kakvih može biti s obzirom na njihovo nastajanje?
34. Objasnite karakteristike, faze razvoja i predznake nepogode termičkog karaktera i opišite je.
35. Objasnite karakteristike, faze razvoja i predznake nepogode dinamičkog karaktera i opišite je.
36. Usporedite po svim važnijim karakteristikama: obični ciklon (depresija), tropski ciklon, tornado i pijavicu (trombu).
37. Što je to sinoptička analiza, na čemu se temelji i koji je njen cilj.
38. Kako se dijele sinoptičke karte?
39. Na osnovi kojih podataka i kako se crta sinoptička karta?
40. Što je to stanični model, koja mu je svrha i kakvih sve ima staničnih modela? Koji se stanični model upotrebljava za crtanje sinoptičkih karata na brodu?
41. Nacrtajte shemu, objasnite značenje i postupak pri popunjavanju modela pojedinim simbolima:
    a) punog staničnog modela, b) skraćenog, c) reduciranog.
42. Kako se ucrtava naoblaka a kako vjetar u okviru staničnog modela?
43. Nacrtajte i objasnite shemu staničnog modela za prikazivanje vjetra i valova.
44. Kako se obrađuju sinoptičke karte i tko to izvodi?
45. U čemu se razlikuje sinoptička od prognostičke karte vremena?
46. Što je to sinoptička konzultacija za brodove i na osnovi čega se vrši?
47. Objasnite sadržaj Ključa FM. 46.D IAC — FLEET:
    a) za sinoptičku konzultaciju, b) za prognozu.
48. Objasnite ucrtavanje sinoptičke konzultacije na vremensku kartu (primjer na str. 239. i 240).
49. Nacrtajte vremensku kartu na osnovu primljene sinoptičke konzultacije i izvršite njenu analizu.

```
a) 10001 33388 02200
   99900 81003 06140 81004 05820 81014 35908 81018 04004
         85022 36509 85020 36531 85022 35015
   99911 66200 05030 05545
         66400 05545 06136
         66600 06136 06340
         66200 06136 05035 04328
         66400 04328 04315 05006 05609
         66200 05609 06004
         66400 06004 06103
         66600 06103 06510 06320
         66200 06103 35802
         66400 06343 07023
         66200 07023 06713
         66400 34222 34834
   99922 44005 07034 06832 06918 075504
         44010 05551 06551
         44010 05346 05535 05633 05120 05310 05508 05807 06417 06526 06815 37410
         44020 04940 04620 04511 35702 35515 35022 34519 34012 3515
         44020 33507 33700 03505
         44025 04124 03513
         44030 04335 03624 03426
         44020 36820 36120 36310 06000 06503 36910 36820
         44015 36748 36032 35027 34324 34330
         44005 36150 36040 35540
   19191
```



```
b) 10001 33388 02200

   99900 85631 05463 00640
         81394 04159 03630
         88022 05338 00410
         85046 04522 10000
         81365 36105 01035

   99911 66460 02466 03060 03458 03857 04159 00715
         66180 04159 04359 04855 05048 05338 00220
         66483 05338 05432 05506 35706 35808 36105 01035

   99922 44000 03859 04057 04657 04261
         44010 02762 03455 04951 04861 04067 02864
         44995 06510 06218 06118 05809 05500
         44010 06530 06140 05927 05616 05301
         44025 06541 06246 06653 06354 05747 05540 05440
               05353 05065 04569 04375
         44045 04731 04518 04525
         44025 03310 02726 03040 03747 04347 04943 05330
               05316 05000

   19191
```

50. Što je faksimil i kako se on iskorištava na brodu za analizu (prognozu) vremena?
51. Što je to prognoza vremena i kakva ona može biti?
52. Koje su metode prognoziranja vremena i koja je od njih najsvrsishodnija za brodske potrebe?
53. Kakva je mogućnost i pouzdanost prognoziranja vremena prema lokalnim predznacima za:
    a) približavanje i početak ružnog vremena, b) razvoj ružnog vremena, c) svršetak ružnog vremena?
54. Što se razumijeva pod pojmom ružnog vremena? Koja iskustvena pravila i poslovice pomorac primjenjuje u prognoziranju vremena?
55. Što označava pojam meteorološke navigacije, a što klimatološke?
56. Koji elementi utječu na izbor rute (lane rute) i koji priručnici daju te podatke?
57. Objasnite rute za parobrode u sjevernom Atlantiku.
58. Objasnite karakteristike glavnih svjetskih ruta koje iz Sredozemnog mora vode za sva svjetska mora.
59. Koja je svrha meteorološkog odabiranja plovnih ruta (routing) i na kojem se principu taj rad temelji?
60. Kako se iskorištava vremenska karta pri izvođenju meteorološke navigacije?
61. Što je to meteorološki bilten, što sadrži i koje vrste biltena postoje?
62. Koja je dužnost zapovjednika broda kada u vožnji naiđe na opasnost koja ugrožava sigurnost broda?
63. Kakav je sadržaj izvještaja koji se odnosi na:
    a) led, odnosno ledeni brijeg u moru, b) podrtinu, c) opasnu oluju?
64. Kakav je sadržaj meteorološkog biltena koji emitira Britanska radio-korporacija (BBC) za potrebe brodova?
65. Kakav je sadržaj meteorološkog biltena koji emitira Radio-Split za potrebe brodova.
66. Kakav je sadržaj meteorološkog izvještaja za pomorce koji emitira Radio-Zagreb?
67. Kako se crta prognostička karta vremena i stanja mora prema ključu FM. 46.D IAC FLEET?
68. Objasnite sadržaj Ključa FM 61.D MAFOR i na koji se način daje prognoza vremena po tom Ključu.

# POPIS LITERATURE


Buljan — Zore: Oceanografija i pomorska meteorologija, Rijeka.
Cvjetković: Oceanografija, Dubrovnik 1914.
Čobanov Z.: Zemljina atmosfera, Beograd 1965.
Duplančić Č.: Osnovi poznavanja i prognoze, Beograd.
Đurić Lj.: Meteorologija, Novi Sad 1932.
Glumac B.: Vazduhoplovna meteorologija, Beograd 1958.
Marki E.: Vrijeme, Split 1950.
Milosavljević M.: Meteorologija, Beograd 1967.
Pavišić A. i Mekjanić B.: Meteorologija, Split 1947.
Riboli — Mardešić: Pomorska meteorologija, Zemun 1936.
Riboli — Mardešić: Oceanografija, Zemun 1940.

Bowditch N.: American practical navigator, Washington 1966.
Burgess C. R.: Meteorology for seamens, Glasgow 1952.
Donn L.: Meteorology, New York 1967.
Lehr—Burnet — Zim: Wether, New York 1957.
Longstreth T. M.: Understanding the Weather, New York 1953.
Pčelko G. I.: Avijaciona meteorologija, Lenjingrad 1963.
Pierson — Neumann — James: Practical method for observing and forecasting ocean waves by means of wave spectra and statistics, US — HO 1955.
Weems P. V. H.: Marine navigation, New York 1943.

— Sinoptička meteorologija, Vojno-izdavački zavod, Beograd 1947.
— Članci iz sinoptičke meteorologije, HI—RM, Split 1948.
— Brodski meteorološki instrumenti, DSNO, Beograd 1966.
— Uputstvo za osmatranja i mjerenja na meteorološkim stanicama, Savezni zavod hidrometeorološke službe, Beograd 1956.
— Internacionalni atlas oblaka — Vol. I.
— Elementi meteorologije, HMZ — SFRJ, Beograd.
— Brodska meteorološka osmatranja i šifriranja, HMZ — SFRJ, Beograd.
— Meteori — definicije i objašnjenja, HMZ — SFRJ, Beograd
— Mali atlas oblaka, HMZ — SFRJ, Beograd
— Peljar po Jadranu, izd. HI — JRM, Split.
— »Vijesti«, Pomorski meteorološki centar, Split.
— Meteorology for mariners, M. O. 593, London 1956.
— The preparation and use of weather maps by mariners, Sekretariat of the WMO, Geneva.
— Admiralty navigation manual.
— Ocean passages for the world.
— Pilots charts.
— Bulletin de l'OMM, US Weather Bureau.
— Monatskarten für den nordatlantischen Ozean.
— Razne publikacije, prospekti i sl. naših i stranih izdanja.



Izdavačko poduzeće »ŠKOLSKA KNJIGA« Zagreb, Masarykova ulica 28. — Za izdavača: ANTE MARIN — Tehnički urednik: RATIMIR ORBAN — Korektor: ANTUN JURIĆ — Tisak završen u prosincu 1970.